不列颠图解科学丛书

天气和气候

Britannica Illustrated Science Library



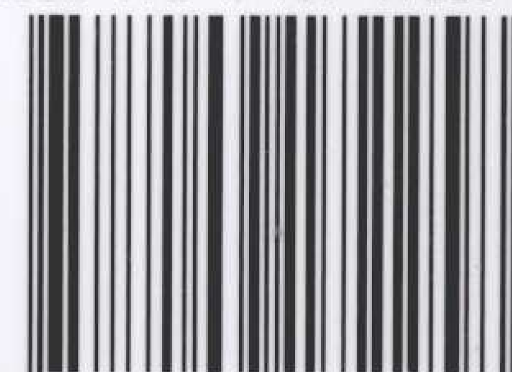
中国农业出版社

欢迎登录：中国农业出版社网站
www.ccap.com.cn



ENCYCLOPÆDIA
Britannica

ISBN 978-7-109-17225-8



定价：50.00元

天气和气候





不列颠图解科学丛书

Encyclopædia Britannica, Inc.

中国农业出版社

图书在版编目（CIP）数据

天气和气候 / 美国不列颠百科全书公司编著；陈怡全译. -- 北京：中国农业出版社, 2012.9
（不列颠图解科学丛书）
ISBN 978-7-109-17225-8

Ⅰ. ①天… Ⅱ. ①美… ②陈… Ⅲ. ①天气学－普及读物②气候学－普及读物 Ⅳ. ①P4-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第230063号

Britannica Illustrated Science Library
Weather and Climate



www.britannica.com

Photo Credits: Corbis, ESA, Getty Images, Graphic News, NASA, National Geographic, Science Photo Library

Illustrators: Guido Arroyo, Pablo Aschei, Gustavo J. Caironi, Hernán Cañellas, Leonardo César, José Luis Corsetti, Vanina Farías, Joana Garrido, Celina Hilbert, Isidro López, Diego Martín, Jorge Martínez, Marco Menco, Ala de Mosca, Diego Mourelos, Eduardo Pérez, Javier Pérez, Ariel Piroyansky, Ariel Roldán, Marcel Socías, Néstor Taylor, Trebol Animation, Juan Venegas, Coralia Vignau, 3DN, 3DOM studio, Jorge Ivanovich, Fernando Ramallo, Constanza Vicco

不列颠图解科学丛书
天气和气候

编　　著：美国不列颠百科全书公司
项目策划：刘彦博
项 目 组：张　志　刘彦博　杨　春
责任编辑：刘彦博　王　斌
翻　　译：陈怡全
译　　审：张鸿鹏
设计制作：北京亿晨图文工作室（内文）；惟尔思创工作室（封面）
出　　版：中国农业出版社
（北京市朝阳区农展馆北路2号　邮政编码：100125　编辑室电话：010-59194987）
发　　行：中国农业出版社
印　　刷：北京华联印刷有限公司
开　　本：889mm × 1194mm　1/16
印　　张：6.5
字　　数：200千字
版　　次：2013年3月第1版　2013年3月北京第1次印刷
定　　价：50.00元

天气和气候



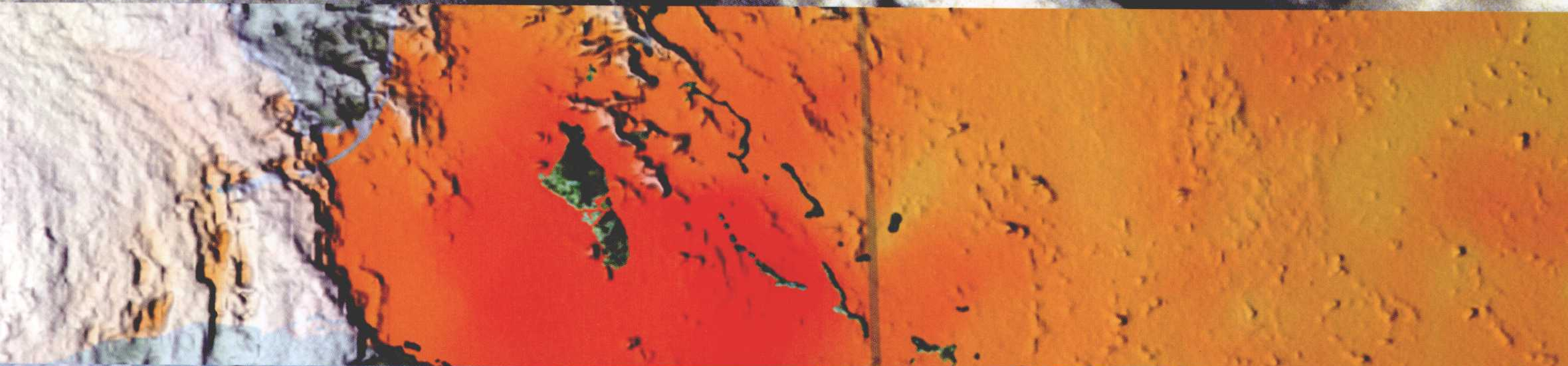
目 录

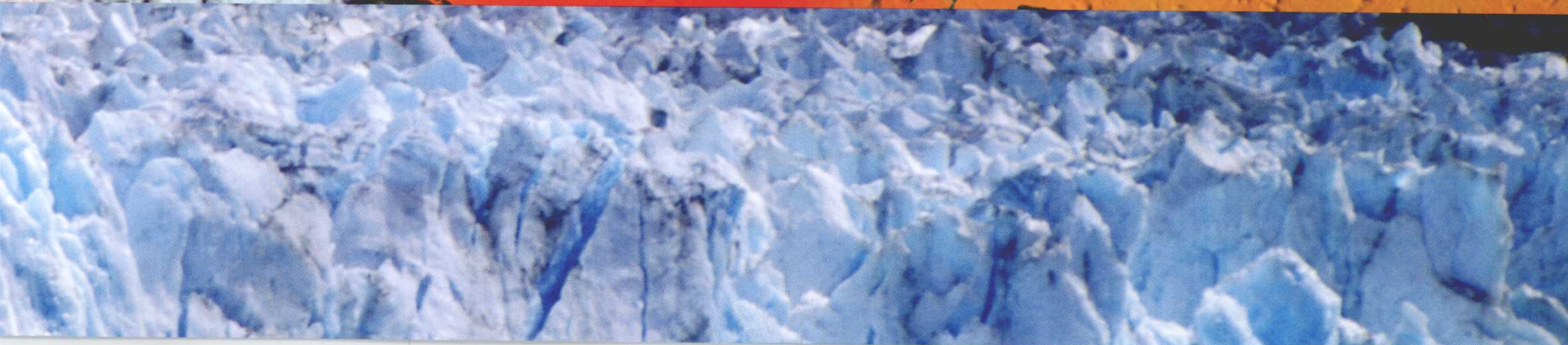
前一页照片
1973年美国俄克拉荷马州一场
暴风雨中的龙卷风。











各类因素的综合作用



强风和倾盆大雨
1998年9月20日至25日，飓风“乔治”横扫加勒比海沿岸，导致数千人无家可归。

“一只蝴蝶在巴西扇动翅膀，可以导致佛罗里达州发生龙卷风”，这是爱德华·洛伦茨在潜心研究气象学，并试图找到预测那些可能威胁生命的气候现象的方法后得出的结论。的确，大气系统极为复杂，许多科学家将其定义为混乱的系统。任何天气预报都可能由于风、暖锋和暴风雨的不期而至而发生错误。随后，这类变化成倍扩大，导致第二天的实际情况与预期的截然不同：该有阳光的地方却下起了雨；打算去海滩的人们却只能躲在地下室里等待飓风退却。所有这些不确定性都使被飓风和暴风雨包围的地区的人们对可能发生的情况心存恐惧，因为他们面对气候的变化无能为力。事实上，龙卷风、飓风和旋风只是自然现象，本身并不意味着灾难。例如，只有在席卷了人口密集地区或穿越农田时，飓风才会给人类带来灾难，造成巨大破坏、人员伤亡和经济损失。然而在人类社会中，将这些自然现象等同于死亡和灾害的观念仍然是根深蒂固的。经验告诉我们，必须学会应对这些现象，并在自然灾害尚未发生时便未雨绸缪。本书将用精彩的图片告诉你对天气和气候起决定性作用的相关因素的有用信息，还将让你了解制作长期天气预报之所以如此复杂的原因，并为你解答全球变暖的情况继续发展下去将会带来什么样的变化：极地冰盖是否会融化，并导致海平面升高？农作物产区是否会逐渐变成沙漠？诸如此类的很多其他问题都能在本书中找到答案。我们的目的是唤起你对天气和气候等这些影响每个人生活的自然力量的兴趣。●

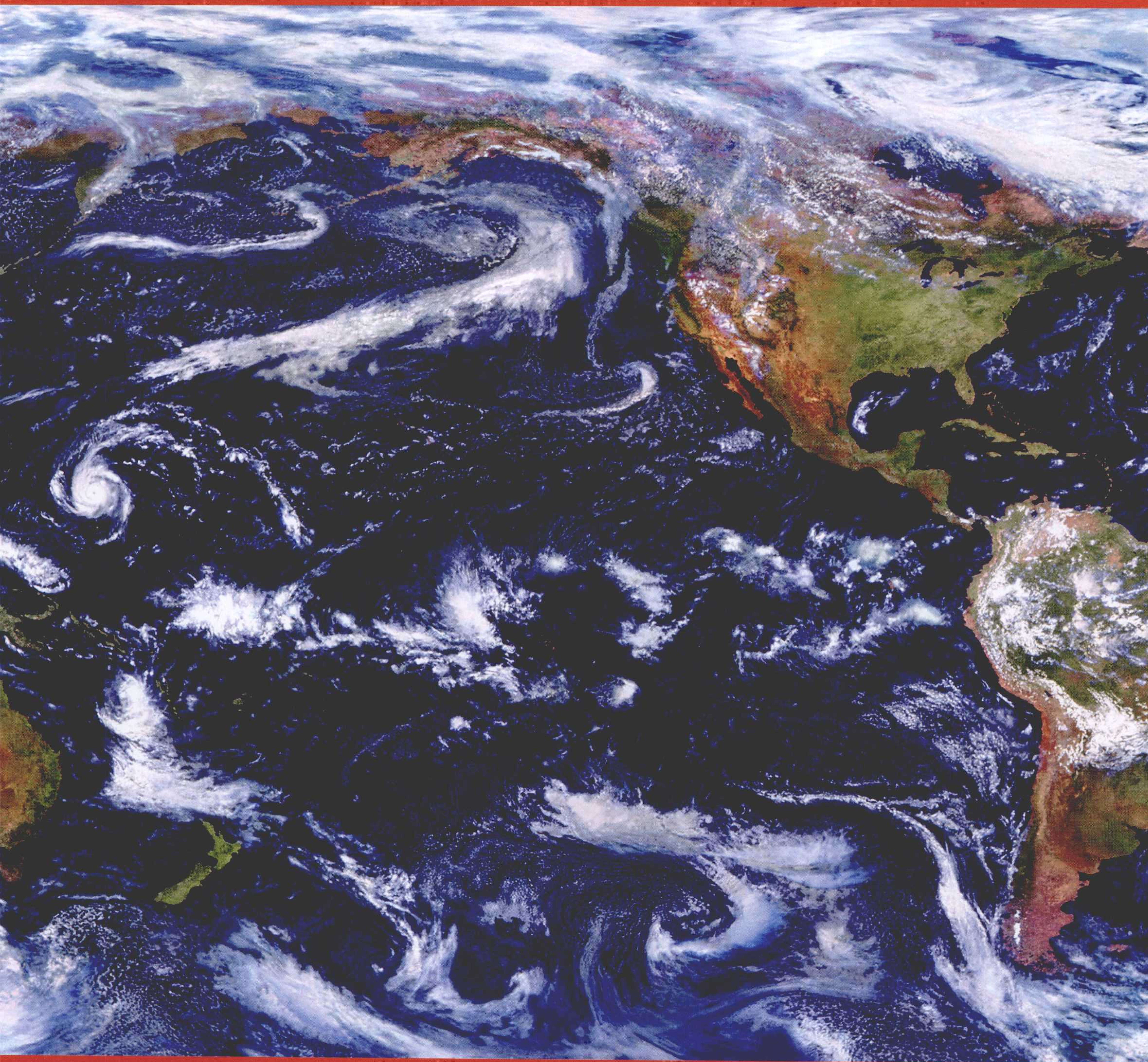


气候学



不断运动的大气、各大洋、各大陆以及大量冰山是地球环境的主要组成部分。所有这些部分构成了所谓的气候系统。它们一直不断地相互作用，传送水（液态的或汽态的）、电磁辐射和热量。在这个复杂的系统中，一个

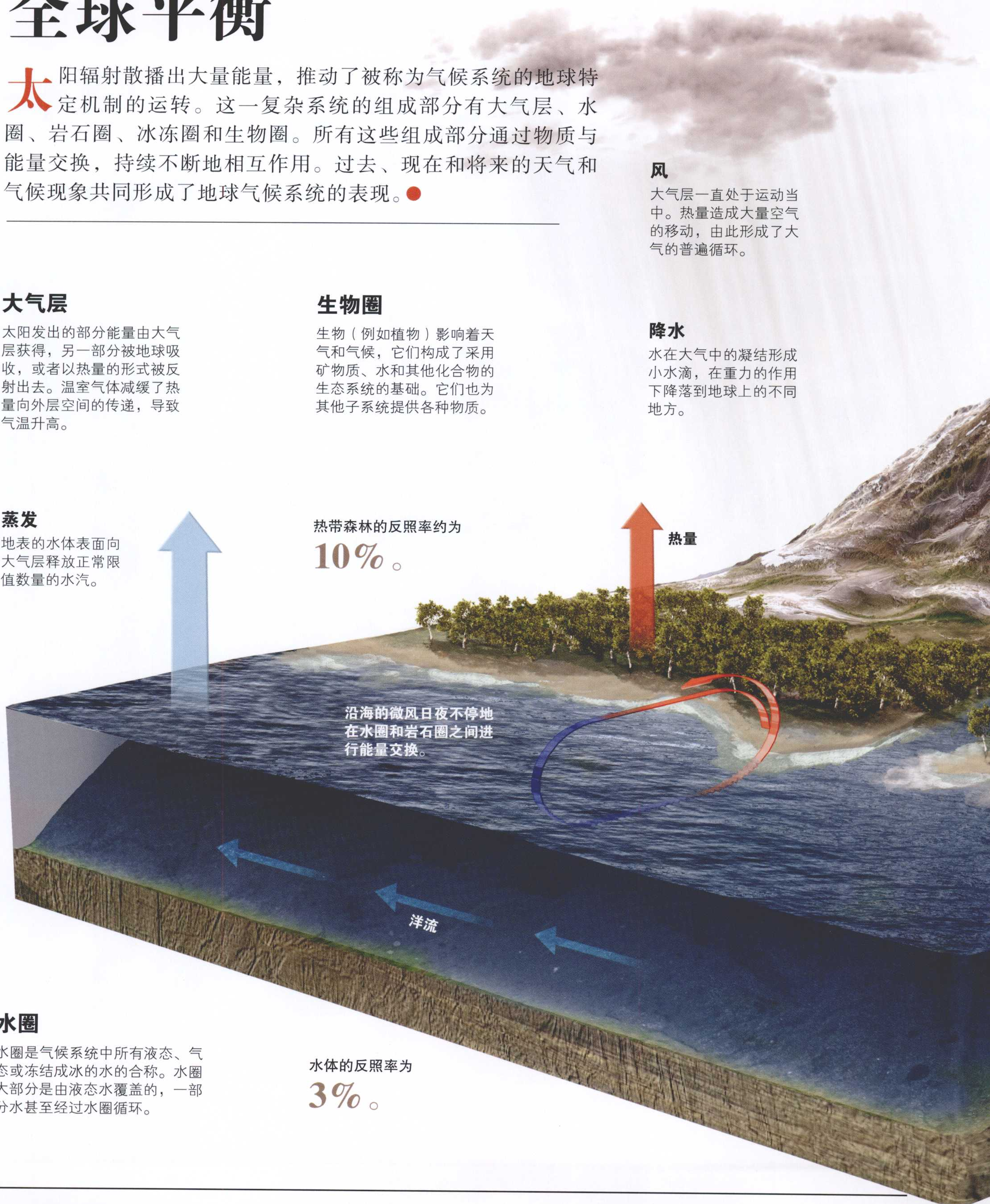
卫星云图
从这张图片中能够清楚地看到水和空气的流动状态，它们能够造成气温的升降以及其他方面的变化。



基本的变量就是气温，它的变化最丰富也最显著。风也很重要，因为它能将热量和湿气带到大气中去。水也随着自身的变化过程（蒸发、冷凝和对流）在地球的气候系统中发挥着重要作用。●

全球平衡

太阳辐射散播出大量能量，推动了被称为气候系统的地球特定机制的运转。这一复杂系统的组成部分有大气层、水圈、岩石圈、冰冻圈和生物圈。所有这些组成部分通过物质与能量交换，持续不断地相互作用。过去、现在和将来的天气和气候现象共同形成了地球气候系统的表现。●



风

大气层一直处于运动当中。热量造成大量空气的移动，由此形成了大气的普遍循环。

大气层

太阳发出的部分能量由大气层获得，另一部分被地球吸收，或者以热量的形式被反射出去。温室气体减缓了热量向外层空间的传递，导致气温升高。

生物圈

生物（例如植物）影响着天气和气候，它们构成了采用矿物质、水和其他化合物的生态系统的基础。它们也为其他子系统提供各种物质。

降水

水在大气中的凝结形成小水滴，在重力的作用下降落到地球上的不同地方。

蒸发

地表的水体表面向大气层释放正常限值数量的水汽。

热带森林的反照率约为

10%。

水圈

水圈是气候系统中所有液态、气态或冻结成冰的水的合称。水圈大部分是由液态水覆盖的，一部分水甚至经过水圈循环。

水体的反照率为

3%。

太阳辐射

大约50%的太阳能会到达地球表面，其中一部分能量被直接转移到了各层大气层中。相当大一部分地球获得的太阳辐射脱离了空气，在各子系统之间循环。有些能量则脱离大气层进入了外层空间。

太阳

对于气候活动至关重要。各个子系统吸收、交换并反射由太阳到达地球表面的能量。例如，生物圈利用光合作用吸收太阳能，并增强水圈的活动。

冰冻圈

代表地球上被冰层覆盖的地区。永冻土出现于土壤或岩石温度低于0℃的地方。冰冻圈地区几乎反射了所有接受到的光，以此调节海的温度和盐度，在海洋循环中发挥其作用。

反照率

气候子系统反射的太阳辐射比例。

薄云的反照率为 **50%**。

岩石圈

这是地球表面最外层的固体结构。它们不断地形成和毁坏，改变了地球的面貌，对天气和气候具有重大影响。例如，山脉可以成为阻挡风和湿气的地理屏障。

新近降雪的反照率为 **80%**。

烟尘

逸入大气层中的烟尘颗粒能够保留热量，并成为降水的凝聚核。

回到海洋

地下循环

水循环是由重力作用产生的。水圈中的水渗入到岩石圈，并在其中循环直至流入湖泊、河流和海洋等大型储水库中。

灰烬

火山爆发将营养物质带入气候系统，火山灰为土壤施加养分。火山爆发还阻碍了太阳光照，从而降低了地球表面吸收的太阳辐射，这就造成了气温下降。

温室效应

大气层中的一些气体非常善于保留热量。临近地球表面的空气层形成了保护罩，使气温保持在生物能够生存的一定范围之内。

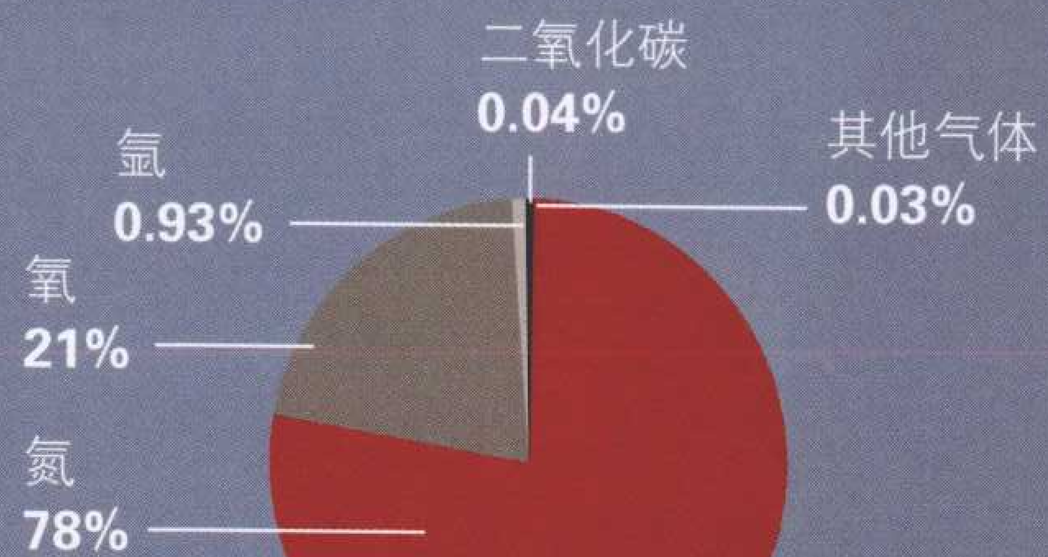
纯空气

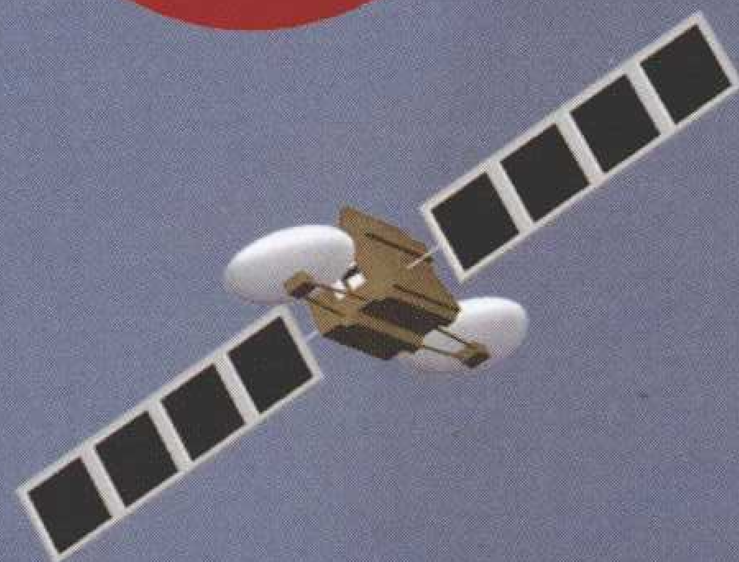
大气层是包围地球表面的大量气体，它的组成使其能够调控到达地球表面的太阳能的强度和类型。大气层也吸收来自地壳、极地冰盖、海洋及地球其他表面辐射的能量。氮是大气层的主要成分，大气层也包含其他气体，例如氧气、二氧化碳、臭氧和水汽，这些成分较少的气体和空气中的微小颗粒共同对地球的天气和气候产生重大影响。

温室效应
由于吸收大气中温室气体的红外辐射而产生，这种自然现象有助于保持地球表面温度处于平稳状态。

外逸层
这层开始于地表以上大约500千米的高度，是大气层的最外层。等离子形式的物质在这里从地球逃逸出去，因为它们受到的磁场引力比地心引力大得多。

空气中的各类气体





远程轨道
极地气象卫星在外逸层绕轨道运行。

地球表面的平均温度为
15℃。

热层
高度在80~450千米。氧气和氮气吸收紫外线，温度达到1 000℃以上。这种高温使得这层的气体密度非常低。

极光
当太阳风产生带电粒子时，在大气层上层形成极光。

6%
的太阳辐射被大气层反射



军事卫星
空气摩擦缩短了它们的使用寿命。

火箭探测器
用于大气层高空的科学研究。

陨石
与大气中的气体分子摩擦而变得过热。穿越大气层的陨石颗粒被称为流星。

19%
的太阳辐射被大气中的气体吸收。

宇宙射线
来自太阳和其他外太空的辐射源。当它们与大气中的气体分子碰撞时，就产生了粒子流。

中间层
位于50~80千米的高度。它吸收的能量很少，但却散发出大量能量。这种能量吸收逆差造成中间层顶端的温度从20℃降至-90℃。

夜光云
唯一存在于对流层之上的云层。它们是被集中研究的对象。

20%
的太阳辐射被云层反射。

太阳辐射

预报
气象气球被用来进行天气预报。它们记录平流层的各项情况。

平流层
位于10~50千米的高度。20~30千米范围内含有高浓度的臭氧，能够吸收紫外线辐射。在这层出现热量逆增，表现为从20千米高度处开始温度急剧升高。

臭氧层
阻挡了大部分的太阳紫外线。

热带风暴云

安全飞行
在这个区域没有气象变化，对一般飞行来说更加安全。

对流层
从海平面开始直至10千米的高度，它提供了适合生命存活的条件，包含了大气层75%的气体。各类气象条件，例如云的形成和降水，都取决于对流层的动态变化。它还容纳了人类活动造成的污染。

51%
的太阳辐射被地球表面吸收。

4%
少量太阳辐射被海洋和地面反射。

高山
任何高度超过海拔8千米的山。随着高度升高，氧气含量下降，在4千米以上，人就会感到呼吸困难。

卷云

大气动态

大气层是一个动态系统，温度变化和地球运动造成了空气横向和纵向流动。大气层的空气在两极和赤道之间不同纬度的横向范围内循环。另外，地球表面的各种特征会改变流动空气的路径，形成了不同密度的空气区域。这些过程中所产生的各种关系影响着我们地球的气候条件。●



科里奥利效应

科里奥利效应是指在旋转坐标系统内移动的物体的路径会发生明显偏移的现象。由于地球在风的下方旋转，因此科里奥利效应将使得吹过地球表面的风的路径发生偏移。这种偏移十分明显，在北半球是向右的，而在南半球是向左的。由于地球的自转速度，这种效应只有在大的范围内才能被观察到。

费雷尔环流圈
哈得来环流圈的部分空气沿其轨道由北纬60° 和南纬60° 向两极运动。

热带辐合区

信风
信风吹向赤道

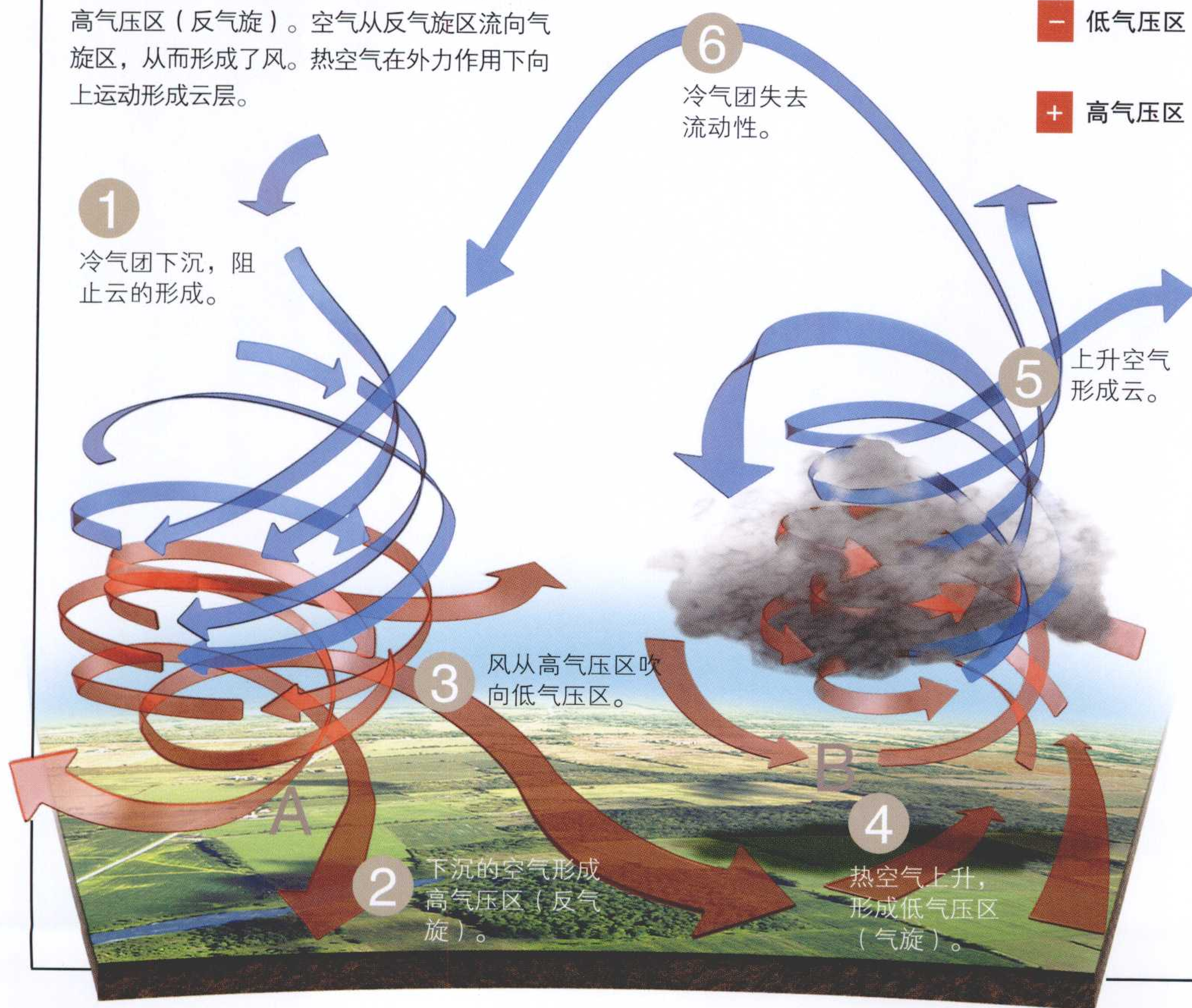
低气压区

高气压区

喷射流

高气压和低气压

热空气上升，在其下方形成低气压区（气旋）。随着空气冷却并下沉，形成高气压区（反气旋）。空气从反气旋区流向气旋区，从而形成了风。热空气在外力作用下向上运动形成云层。



循环变化

地球表面地形的不规律性、温度的急剧变化以及洋流的影响，能改变大气的一般循环，这些情况一般来说会形成与气旋区有关的气流波动。风暴正是在这些地区产生的，因而人们都极为关注气旋并加以研究。但是，必须同时研究反气旋和气旋系统，因为气旋是由来自反气旋的气流产生的。

极地环流圈
在两极，冷空气下沉并向赤道移动。

极地急流

亚热带急流

哈得来环流圈
热空气在赤道地区上升，并向中纬度地区移动。中纬度地区的平均太阳入射角小于热带地区的太阳入射角。

赤道

西风带

极地东风带

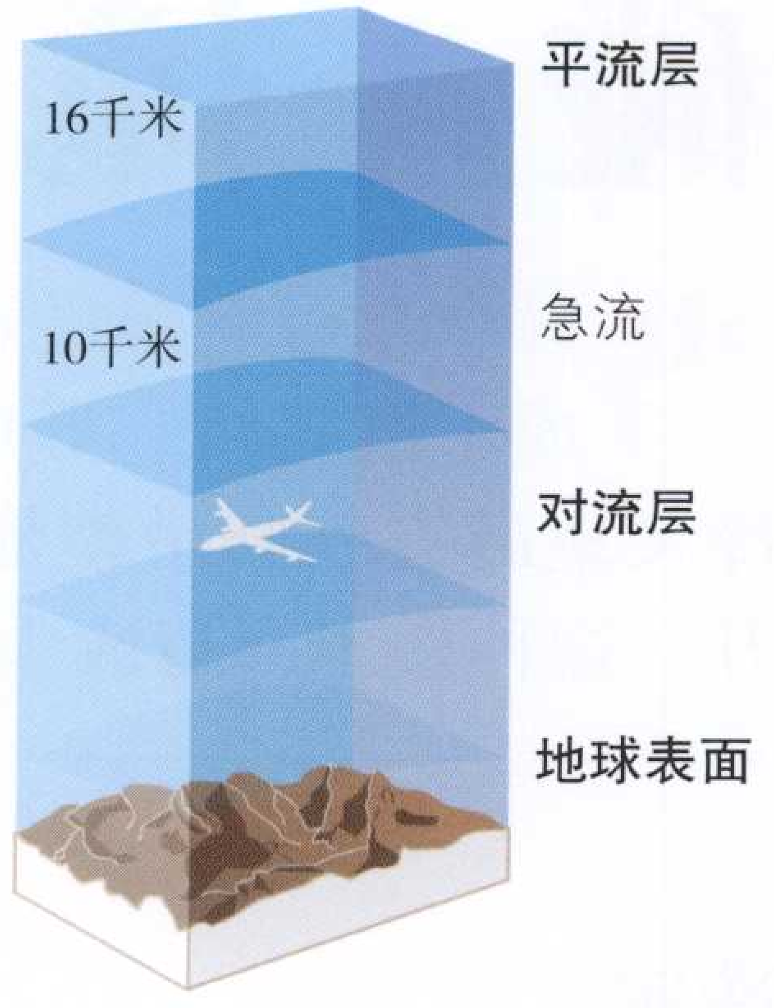
急流

速度 90~400千米/小时

长度 1 610~4 850千米

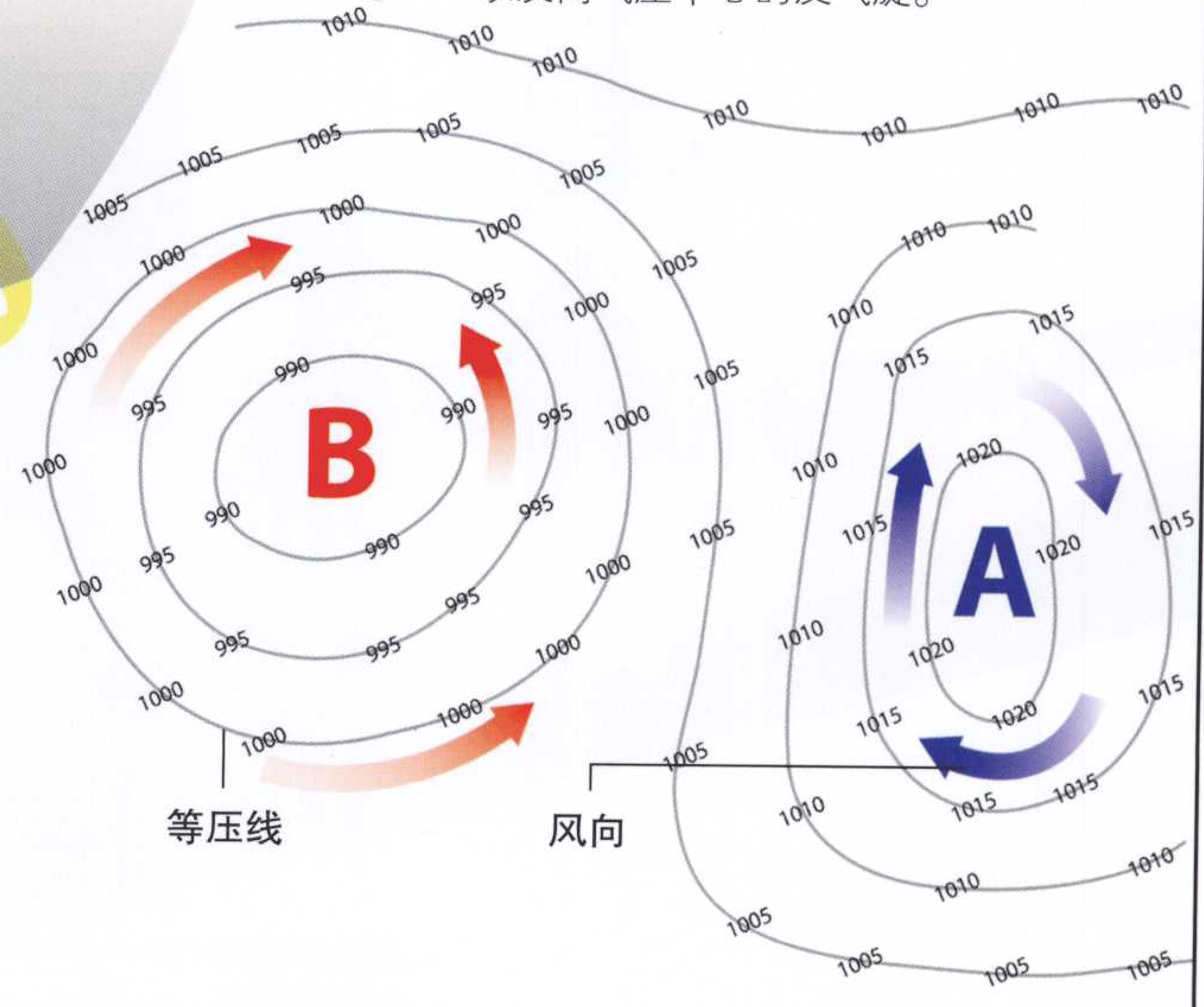
宽度 1.6~4.8千米

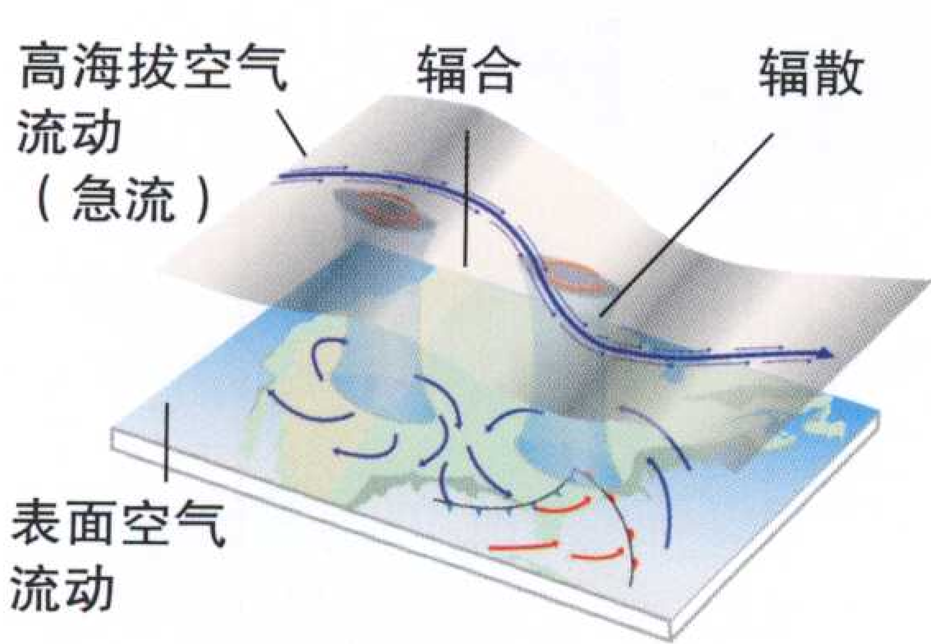
19世纪时利用风筝发现了急流。飞机可以利用急流飞行以缩短飞行时间。还可以通过对急流的路径进行观察以预测天气。



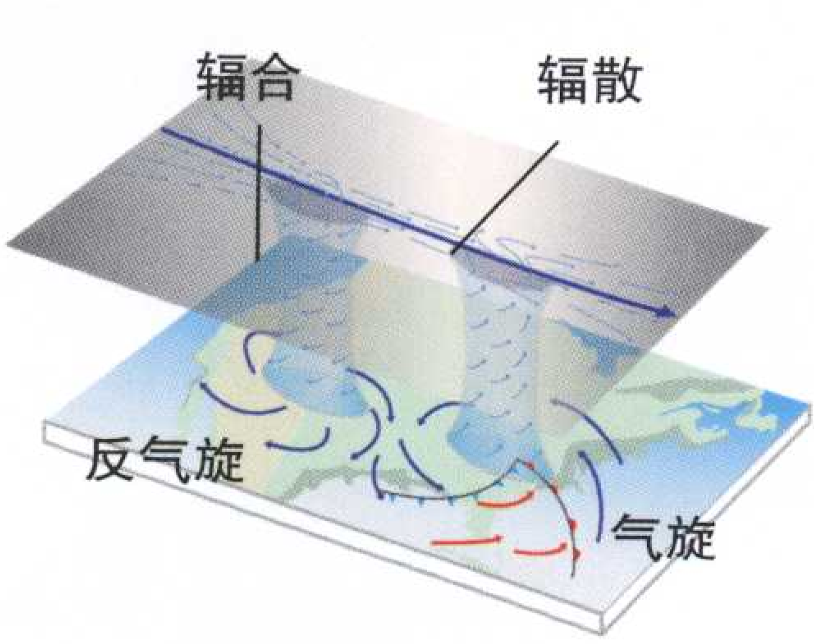
天气系统分析

这些连续的线条是等压线（本例为南半球），是连接相等气压值各点的虚构线条。它们显示了低气压——与周围相比相对较低的气压中心——以及高气压中心的反气旋。

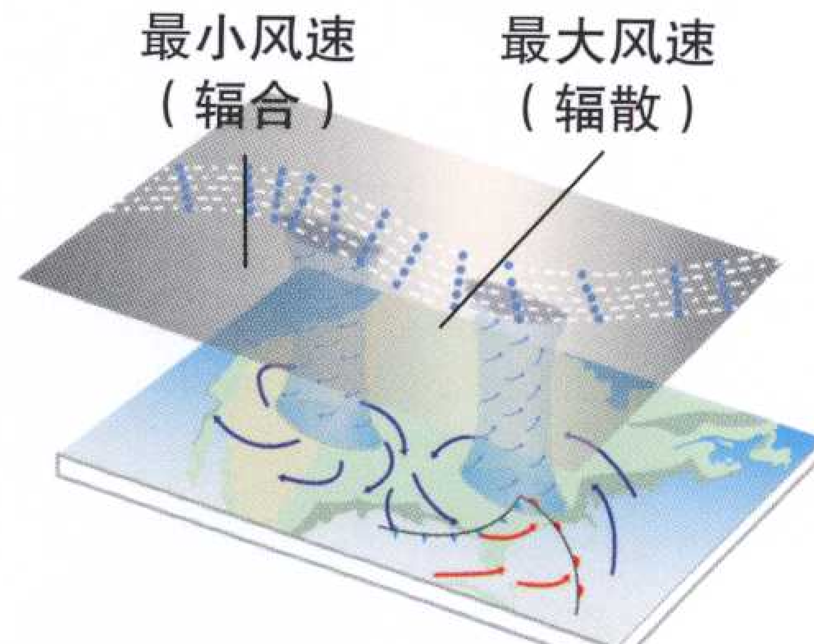




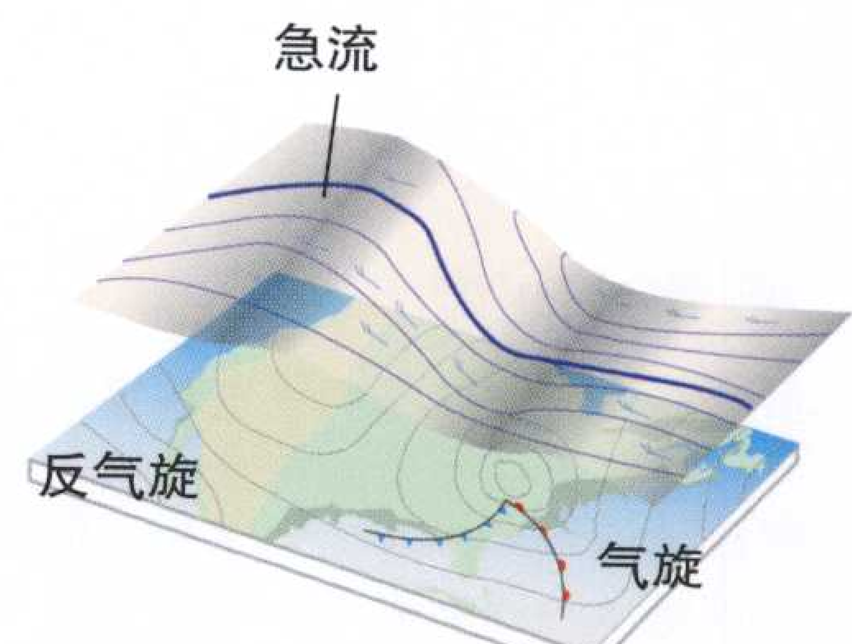
上层气流的力量和地表表面地形，可能使气流共同流动，或者将其分开。



上层大气的波动转变为地面的气旋和反气旋。



风速使不同系统间的空气密度产生差别。



急流产生了空气旋转或旋涡。

碰 撞

当两个温度和湿度不同的气团碰撞时，就形成了大气扰动。当热空气上升时，其温度下降造成水汽凝结，形成云层和降水。一团又热又轻的空气总是在外力的作用下向上移动，而又冷又重的空气则呈楔形运动。这股楔形冷空气削去了温暖气团的下端，迫使其以更快的速度上升。这种作用会造成天气的多变，有时会引起暴风雨。●

冷锋

当冷空气在风力作用下移动，并与暖空气相遇时，就形成了冷锋。暖空气被推动向上移动，在上升过程中，空气中的水汽形成密集的白色云团——积雨云。冷锋可以造成温度下降5~15℃，并伴随不规律的强风。冷锋与上升的水汽团相遇将形成降雨、阵雪和降雪。如果迅速冷凝，会造成大雨、暴雪（寒冷时节）和冰雹。在气象云图上，冷锋标识为标明了移动方向的蓝色三角形线条。

上升到相当高度的非常密集的云层。

冷锋

暖锋

冷空气

暖空气

较冷空气

冷锋内的状况极不稳定。

冷锋迫使暖空气上升，形成风暴。

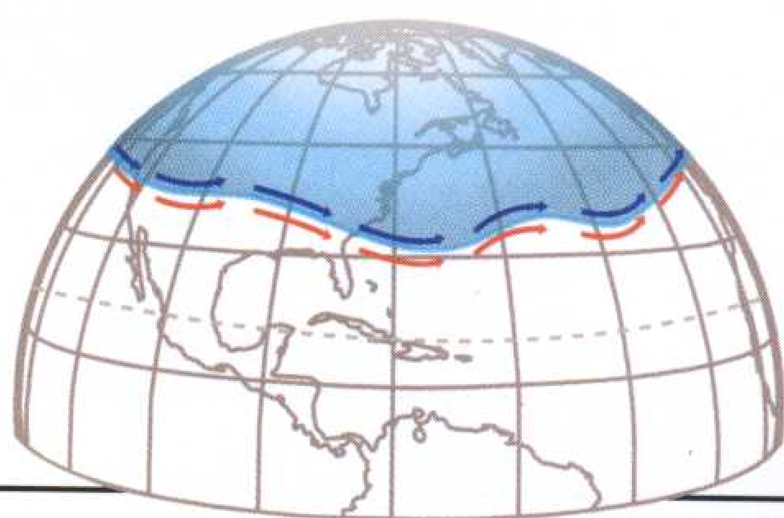
冷锋过境后，天气晴朗，温度下降。

在天气温暖的地区会出现降水。

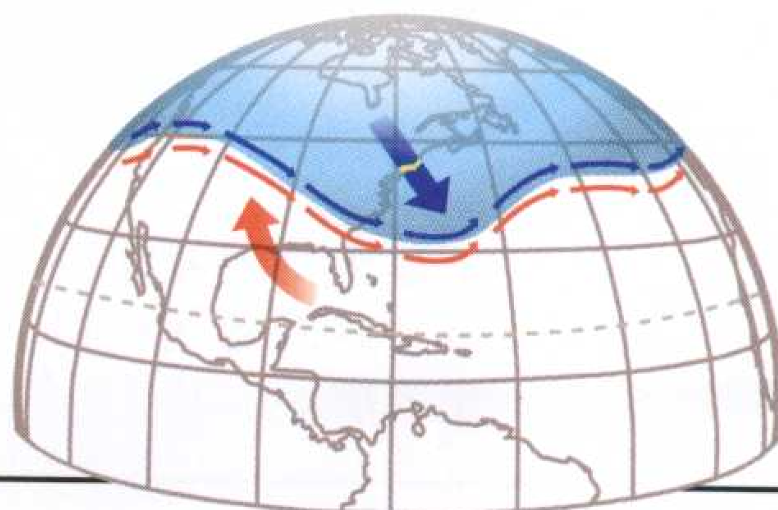
罗斯比波

是与极锋急流有关的大范围横向大气波动，可在急流的路径上以大范围波动的形式出现。天气系统的变化会受这些波动影响，因为它们促使高纬度和低纬度地区进行能量交换，甚至能形成气旋。

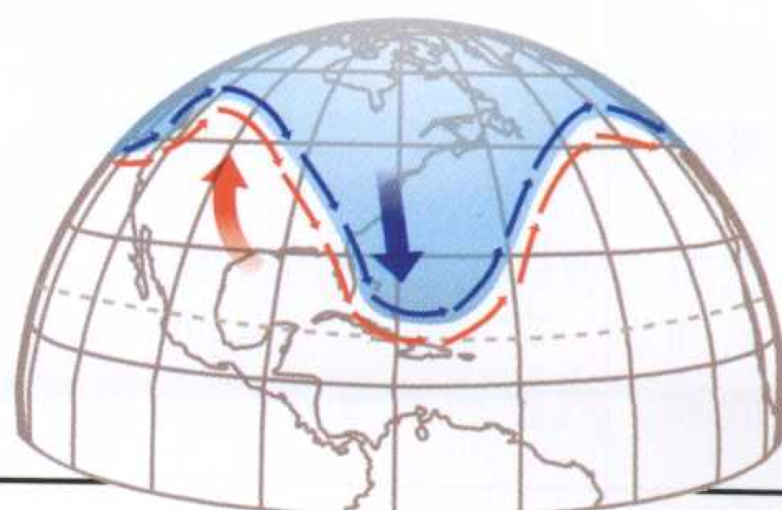
1 在高对流层急流中形成罗斯比长波。



2 科里奥利效应加剧了极地气流的波动。



3 冷暖空气的迂回曲折，提供了形成气旋所必需的条件。



静止锋

静止锋

当冷空气或暖空气都不向前移动时，就出现了静止锋——也就是两股气团都呈静止状态。这种情况可能会持续数日，只会产生高积云。温度也维持稳定，除了与锋线平行的部分空气流动之外并无风力。可出现微弱降雨。

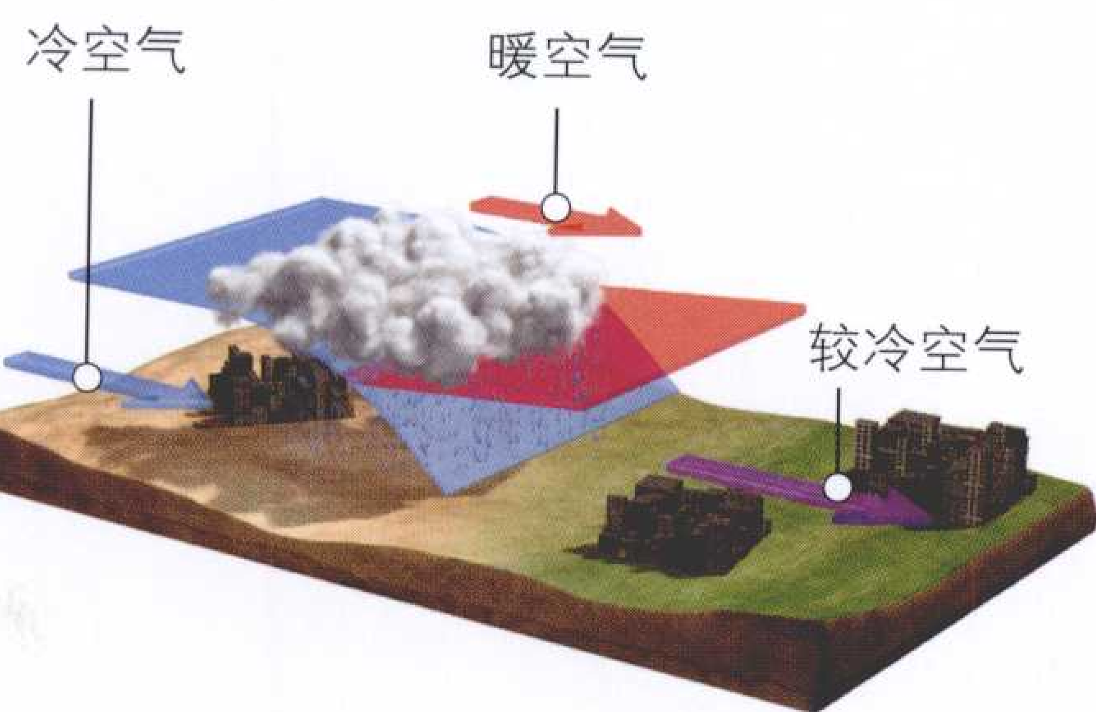
整个大陆

锋面延伸并覆盖大范围地区。在此情况下，冷锋在西欧形成暴风雨。而在东部，覆盖波兰广大地区的暖锋则带来小雨。这些锋面在经过地球表面时，受全球压力系统影响，时而增强时而减弱。



图例

地表冷锋　　地表暖锋

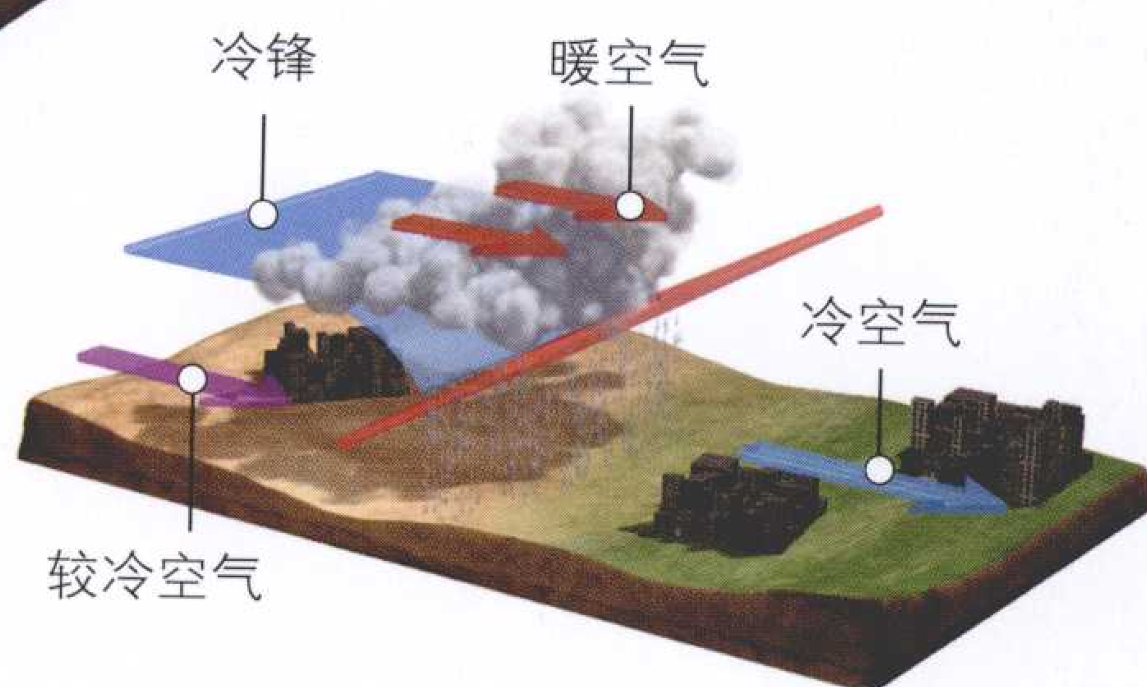


200千米

暖锋可延伸200千米。冷锋通常覆盖100千米的范围。冷锋和暖锋的高度均为1 000米左右。

锢囚锋

当冷空气代替地面的较冷空气，并伴有暖气团漂浮其上时，就形成了冷锢囚锋。当较冷空气出现在冷空气之上时会出现暖锢囚锋。这些锢囚锋与降雨或降雪、积云、温度小幅浮动和微风有关。



暖锋

暖锋由风力的作用而形成。暖气团占据此前由冷气团占据的地区，冷气团比暖气团重，与地面接触产生的摩擦力使其移动速度减缓。暖锋上升并在冷气团上方滑动，这通常会造成地面的降水，形成小雨、小雪或雨夹雪，并伴有微风。暖峰出现的第一个迹象，是在向前移动的低气压中心前方大约1 000千米左右出现卷云。接下来，在气压降低时形成不同的云层，例如卷层云、高层云和乱层云。

浓厚的雨云

锋面下方的降雨

暖锋不稳定，很难被察觉。

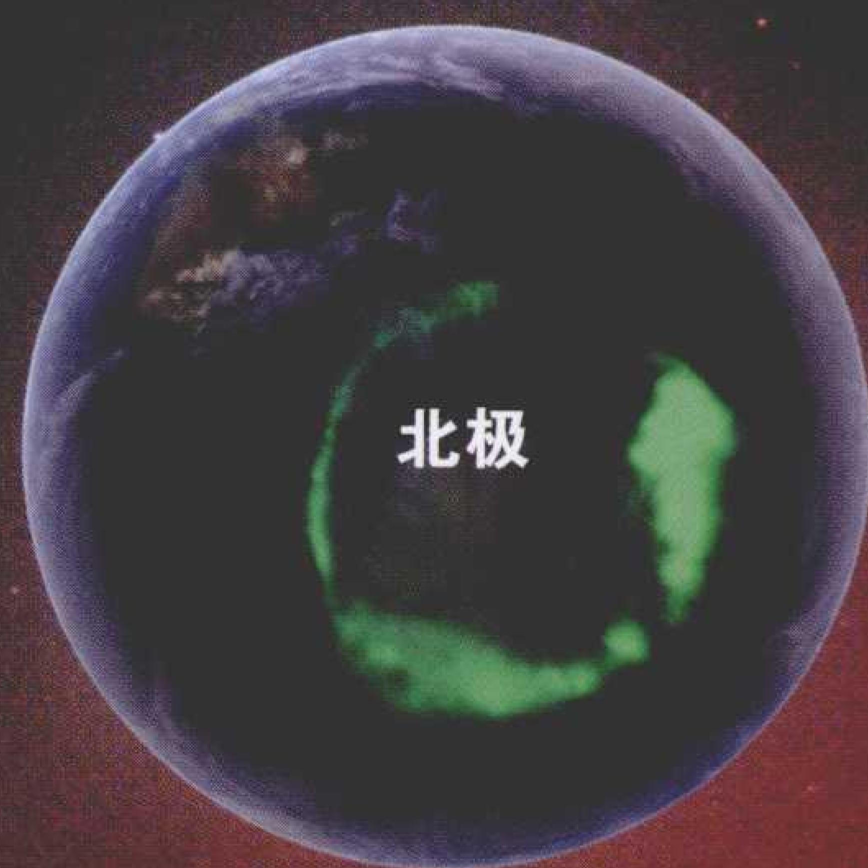
当云层覆盖某个地区时，就形成小雨或小雪。

冷气团形成后退的楔形，能够在暖空气越过冷气团时将暖空气抬高。

如果暖锋的移动速度超过后退的楔形冷空气，向前移动的暖锋高度就会继续增加。

天空的颜色

太阳的活动在地球两端磁极周围形成无与伦比的自然美景——极光。太阳风在外逸层的一部分——磁层活动。一般来说，太阳风越强，极光就越耀眼。极光包括各种颜色的片状光和柱状光，它们被称为北极光或南极光，这取决于它们出现在北极还是南极。可以在阿拉斯加、加拿大及斯堪的纳维亚各地观赏到北极光。



北极光的卫星图像

太阳风

太阳不断地向各个方向释放辐射，这种辐射以带电粒子流或等离子流的形式出现，其主要由电子和质子组成。等离子体受到太阳磁场的作用形成太阳风，以大约450千米/秒的速度穿越太空。太阳风粒子在4~5日内到达地球。



太阳

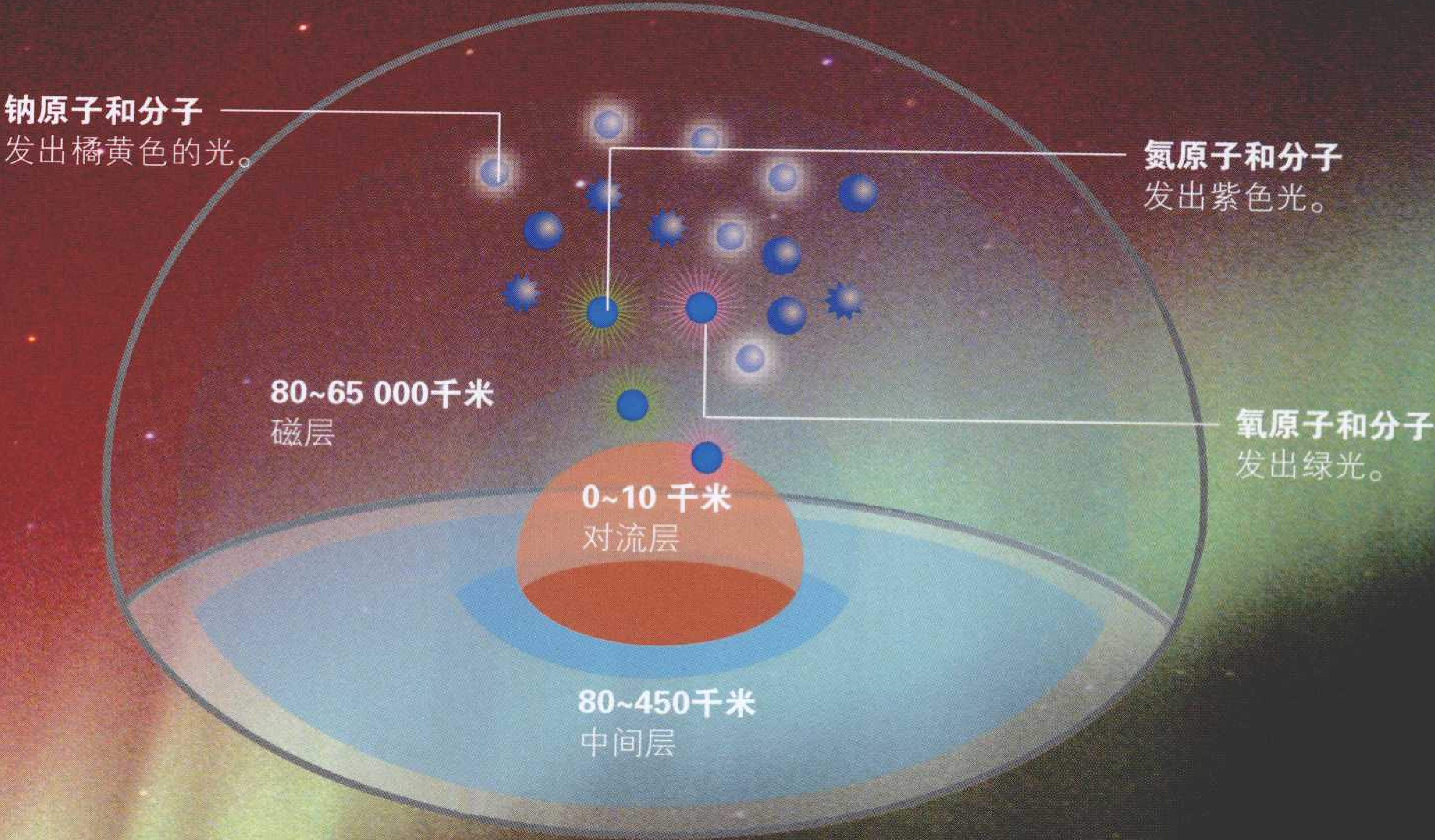
释放太阳风，会造成严重损害和使温度升高。

如何产生

极光是由来自太阳的离子与地球磁场接触时发生冲击而产生的。它们呈现出各种颜色，这取决于它们产生时所在的高度。另外，它们展示了地球磁层的功能之一，就是保护地球免受太阳风的影响。

1 000千米

这是极光能够达到的长度。在太空中，它看起来就像一个围绕着地球磁极的圆环。



1 电子与分子相撞

氧分子与氮分子受到太阳粒子的冲撞。这种现象在磁层（外逸层）出现。

2 被激发

在被冲击之后，原子得到大量额外的磁性电荷，并以光子（光）的形式释放。

3 形成光

极光展现出丰富的色彩，这是由相撞的高度和速度决定的。可能出现的颜色有紫色、绿色、橘色和黄色。

地球

地球磁层负责保护地球免遭致命、有害的太阳风的危害。

极光卵形环

两极

在两极附近更容易见到极光，在北半球被称为北极光，在南半球被称为南极光。

这种现象持续

10~20分钟。

表面因素



在各种气象现象中，降雨在人类生活中起着非常重要的作用。雨水匮乏会造成干旱、食物短缺和婴儿死亡率上升等严重问题。显而易见，雨水过多或滔天巨浪引起的水量过度也是值得人们警惕和关注的。在东南亚，台风和

越南，1991年12月
密集的季雨导致柬埔寨、越南、老挝和泰国广大地区发生严重的洪涝灾害。



暴雨频繁发生，上百万人因此失去家园，必须迁移到更加安全的地方；另一方面，他们还有可能因此而感染疟疾等传染性疾病。厄尔尼诺暖流也会影响到数百万人的生活和经济情况。●

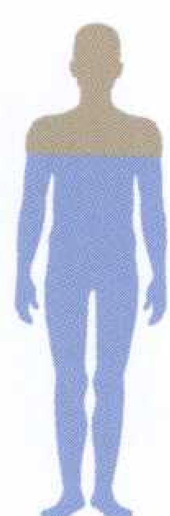
流动的水

海洋、河流、云层和降雨中的水处于不断运动之中。地表水蒸发，云层中的水凝结降落，降水又流动并渗入土壤。尽管如此，地球上的水的总量并不发生变化。水文循环或水循环推动了水的流动和保存。这种循环从地球表面水的蒸发开始，水汽随着空气上升而变潮湿，空气中的水汽冷却并凝结成固体颗粒——微滴，微滴聚集成云。当水滴变得足够大时就开始降落，随着大气温度的变化，变成雨、雪或冰雹回到地面。●

1. 蒸发
由于太阳的作用，海水变热并使空气中充满水汽。从湿润的土壤和植物中蒸发的水汽也增加了湿度。这些蒸发的水汽最后形成了云。

蒸腾作用
排汗是一种调节人体温度的自然过程。当体温上升时，汗腺受到刺激，皮肤就会出汗。

生物，尤其是植物对大气中水的贡献率为**10%**。



成年人体中的含水量为体重的**65%**。

2. 凝结
要使水汽凝结形成云，空气中必须含有凝结核，凝结核使水分子形成微滴。要出现水汽凝结，空气还必须冷却。

水滴的形成
水汽分子的流动性降低，开始聚集在悬浮于空气中的固体微粒上。

凝结核

气态
太阳照射增强了大气中气体的运动。热量和风力共同作用，使液态水变成水汽。

所有的水分子都是呈游离状态的。

3 水汽通过叶子表面的微孔散发。

2 水经过茎部上升。

1 植物根部吸收水分。

根部细胞

云层

河流

海洋

排水区

6. 回到海洋
水回到海洋，完成了水循环。地表水完成循环需要数天，而地下水则可能需要数年。

水资源可利用量

【立方米/（人·年）】

- 少于1 700
- 1 700~5 000
- 1 700~5 000

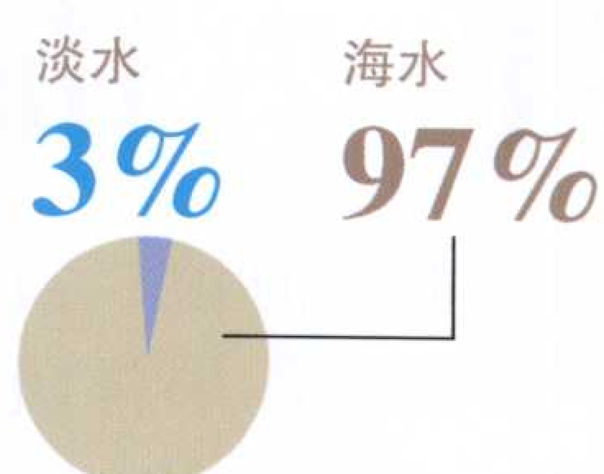
可获得饮用水

不足人口需求的50%。



已发现的水资源

只有一小部分是淡水，大部分都是海水。



淡水

冰 2%

地下水 1%

0.03%的水在地表和大气中

湖泊 0.029%

大气 0.001%

河流 0.00015%

3. 降水

风推动云层向大陆移动。当湿润的空气冷却时就会凝结变成雨、雪或冰雹降落到地面。

液态

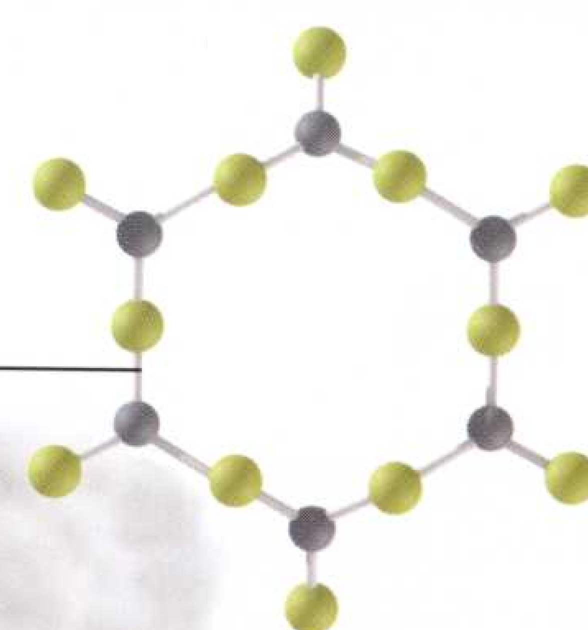
温度的上升增加了脱离氢键的分子的动力。

一些分子得到自由。

大部分分子依然保持结合状态。

固态

由于与氢原子的大量键合，分子的移动性变得非常低，形成了冰晶。



每天约有

300立方千米

的水以降水的形式降落到地面。

5. 地下循环

地下循环有两种，都是由重力作用产生的。第一种发生在浅层，在喀斯特岩石，例如石灰石中，内含向下的水流。第二种发生在含水层中，间隙水填满了岩石之间的孔隙。

水分子保留在地下含水层中的平均时间长度为

300年。

4. 溢流

液态水经过河流和山谷在地表流动。在不是特别干燥的气候条件下，这种现象是侵蚀和传输的主要地质因素。在干旱时期水体流动会减少。

1 417.18立方千米

水在陆地水圈循环。

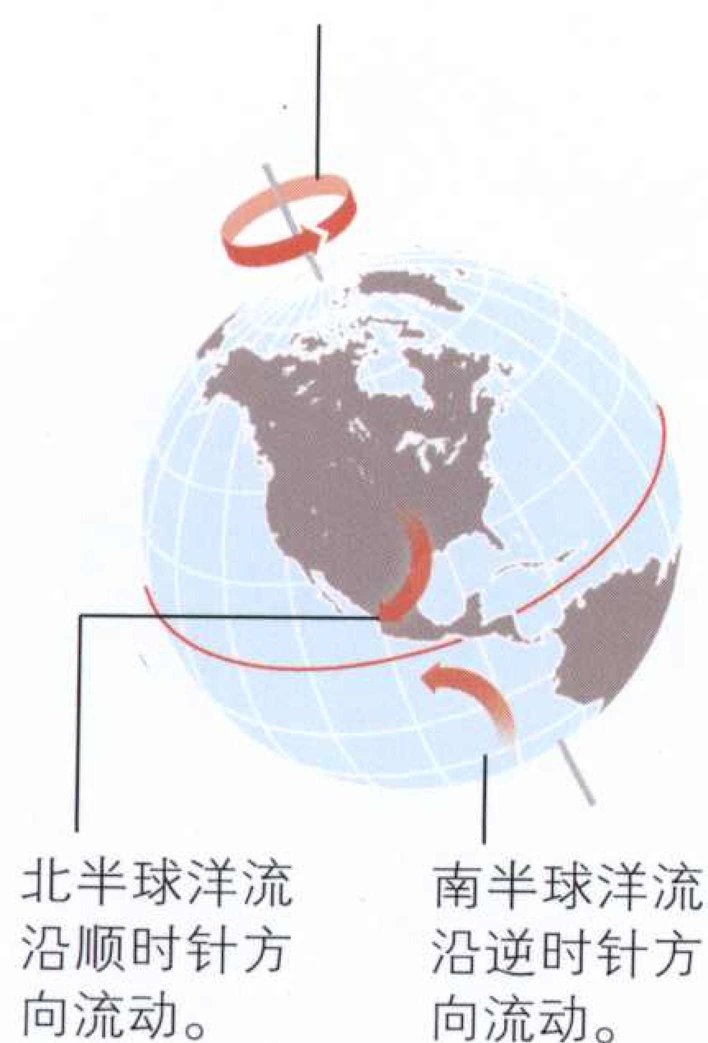
洋流

海水以海浪、海潮和海流的形式运动。洋流有两种：表面洋流和深层洋流。表面洋流由风力作用引起，形成海洋中的大河，能达到80千米左右的宽度。由于赤道附近水温的上升，洋流将热量带到高纬度地区，因此对世界气候产生重大影响。深层洋流是由水密度差异造成的。●

风力作用

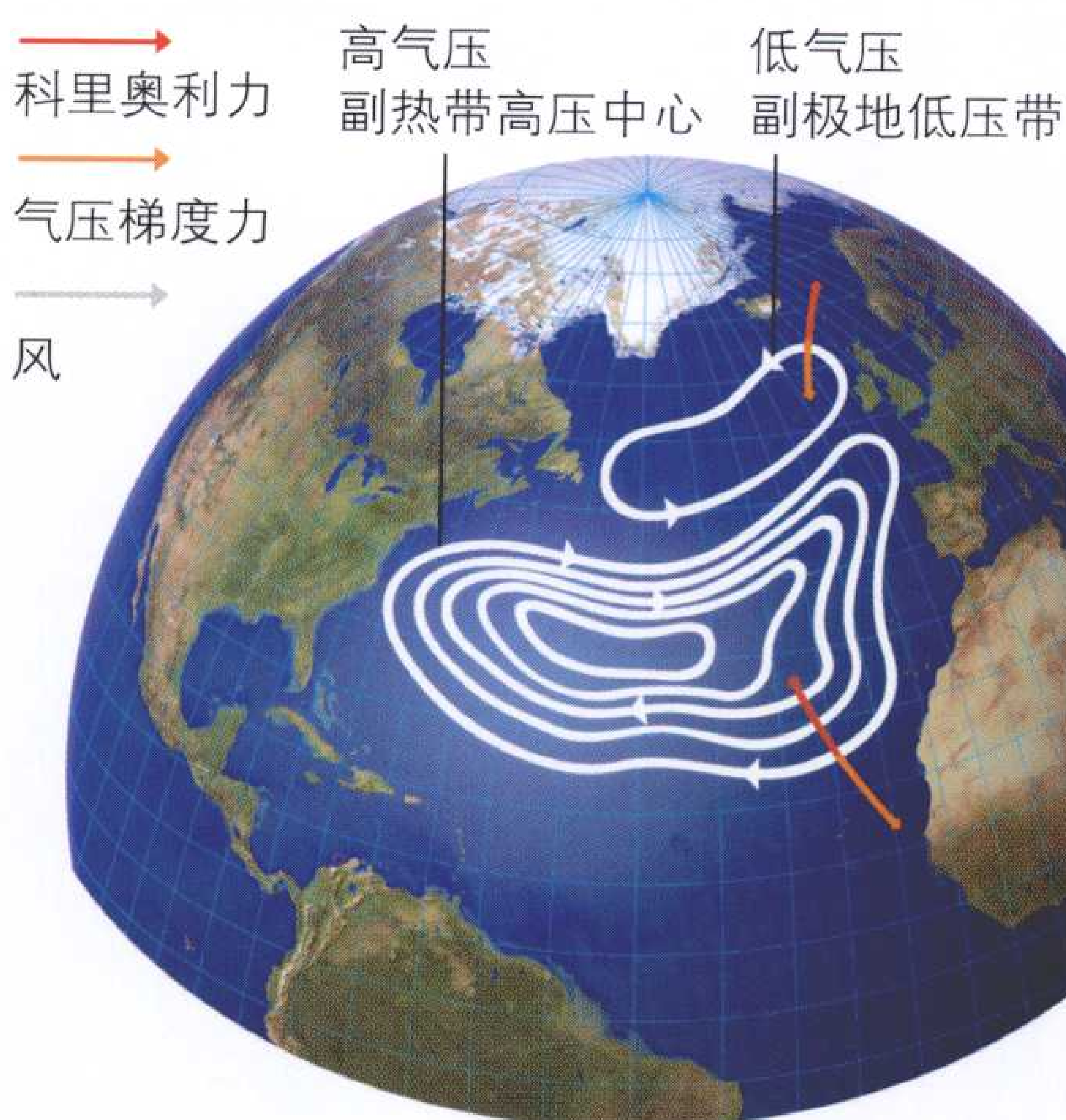
海潮和科里奥利效应

科里奥利效应能够影响风向，并推动洋流移动。



地转平衡

科里奥利效应对洋流的偏转被气旋和反气旋之间的气压梯度力所抵消，这种效应被称作地转平衡。

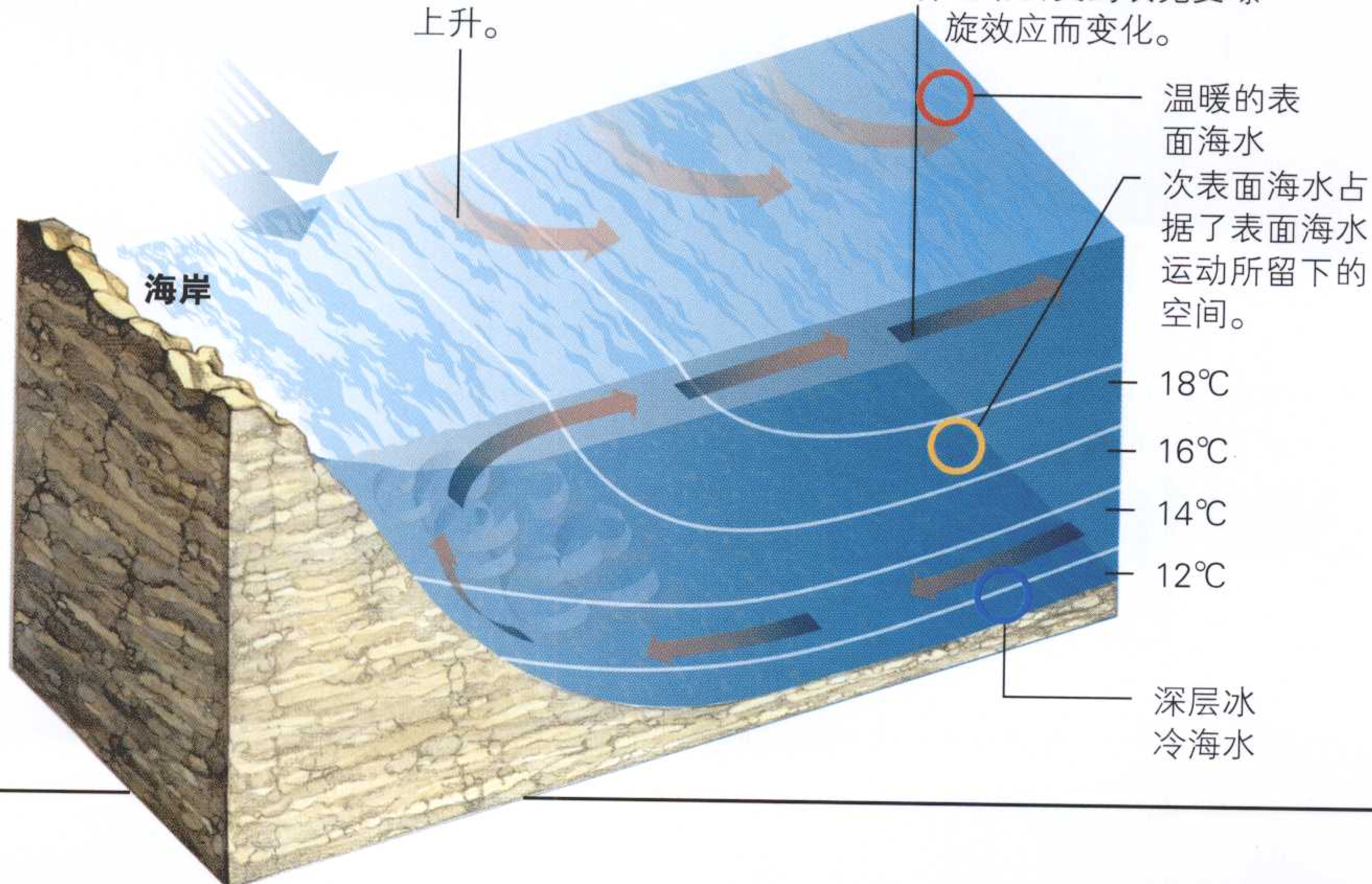


洋流是如何形成的

风力和太阳能在水中产生表面洋流。

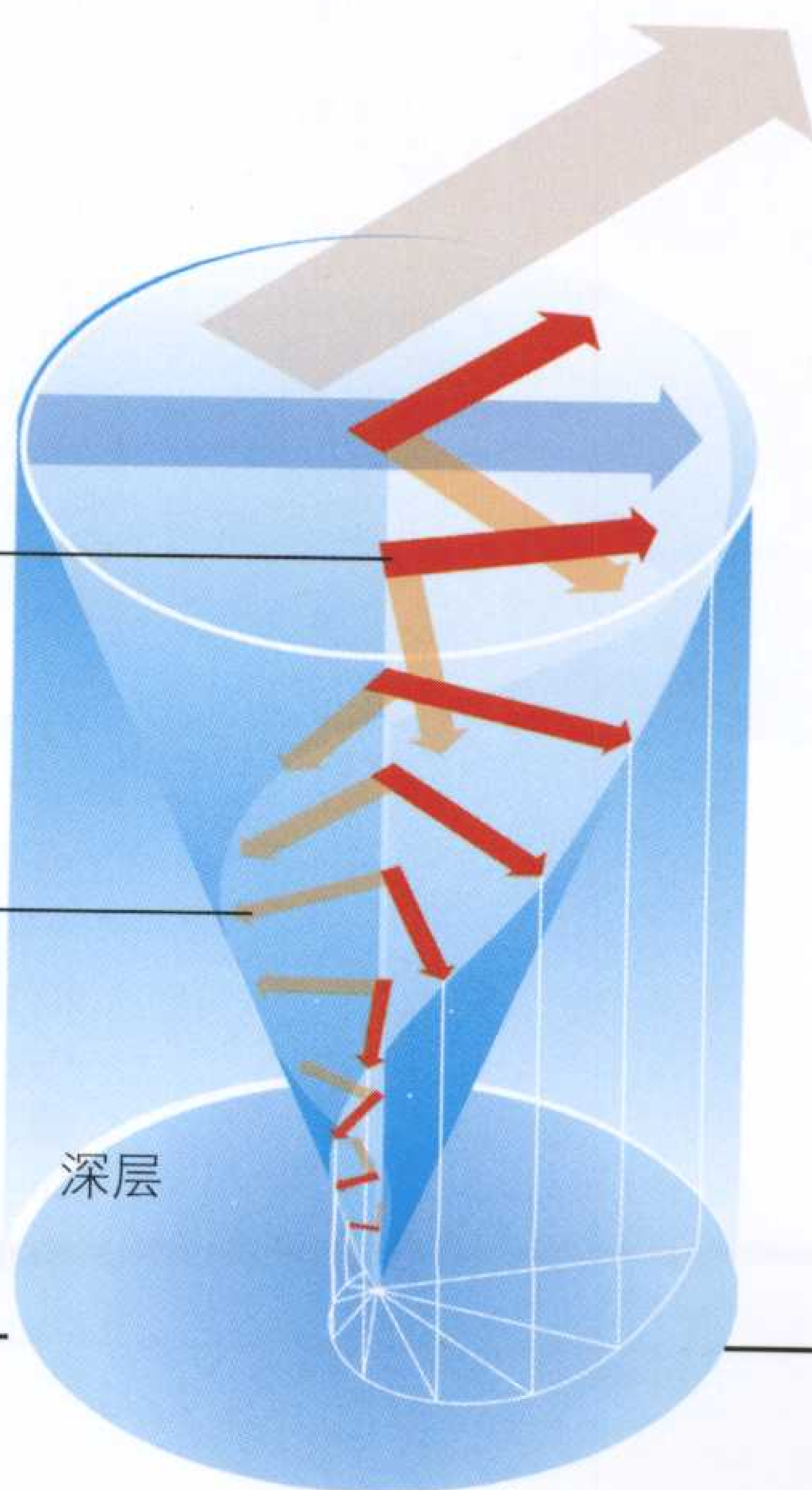
1. 在南半球，沿岸的海风推开表面海水，从而使温度较低的海水上升。

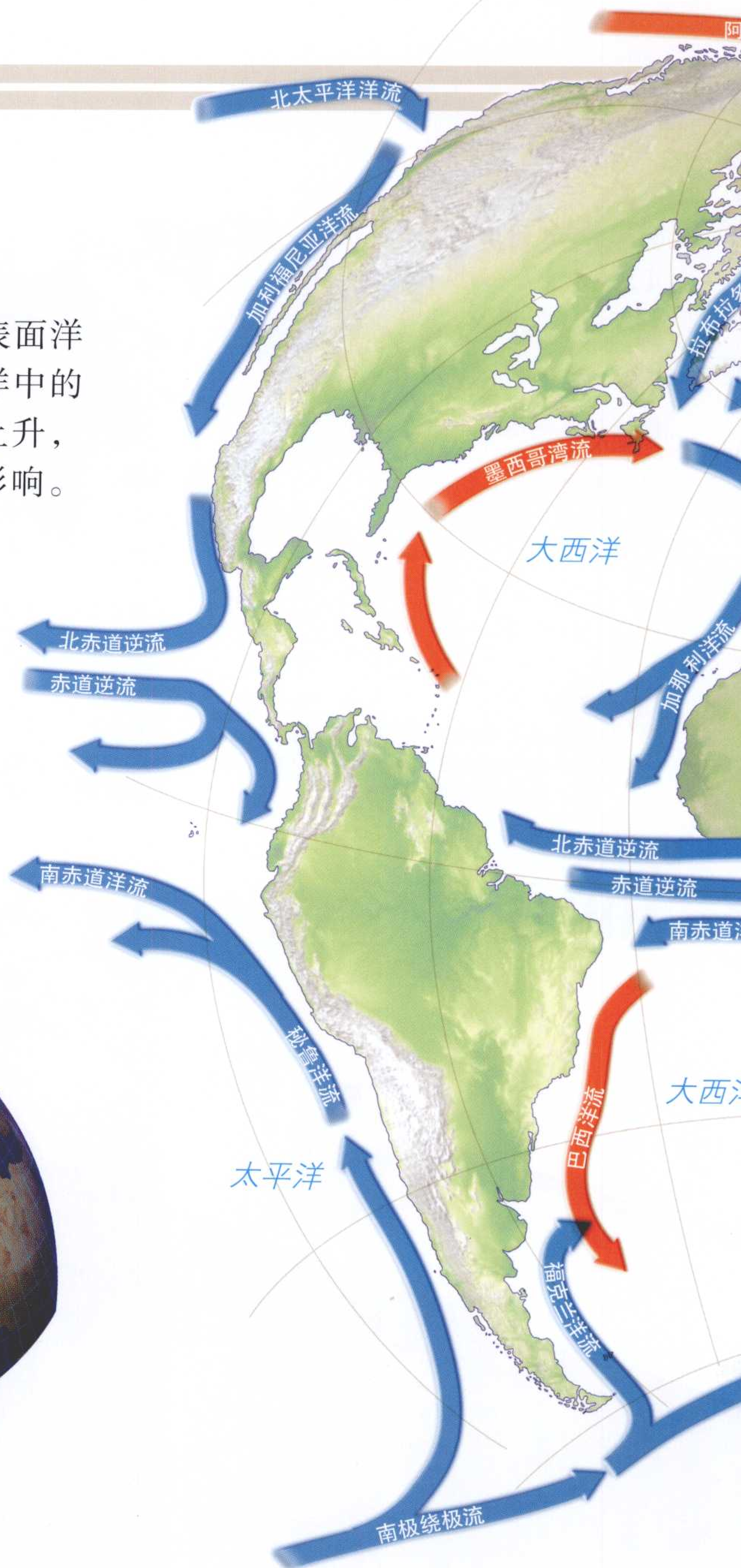
2. 深层海水缓慢上升，这种现象被称成为海潮。这种运动会受到埃克曼螺旋效应而变化。



埃克曼螺旋

解释了为什么表面洋流和深层洋流的运动方向相反。





亲潮
北极循环
北大西洋洋流
黑潮
太平洋
北赤道逆流
赤道逆流
北赤道逆流
赤道逆流
南赤道洋流
印度洋
南赤道洋流
本格拉洋流
东澳大利亚洋流
南极绕极流
南极循环系统
东澳大利亚洋流

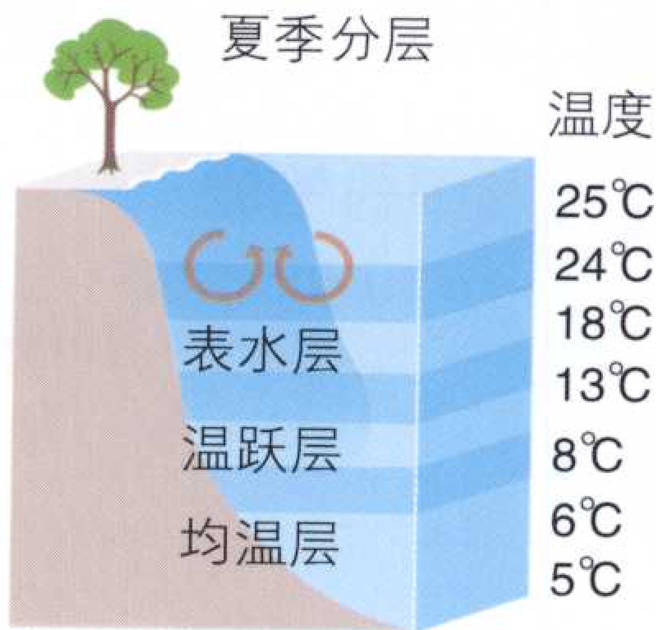
副极地北极循环系统
过去50年，这些洋流经历了巨大的变化。

暖流
寒流

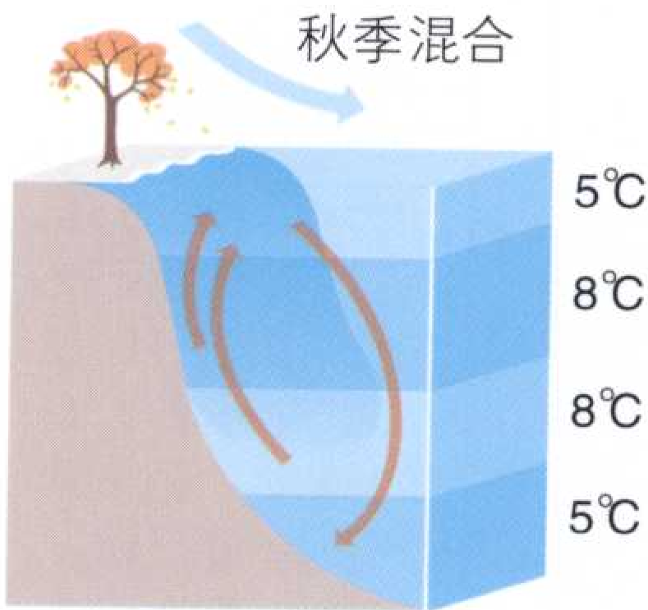
湖泊的四季

由于水的物理特性，湖泊和潟湖有着特殊的季节水体循环模式，能确保水中的生物存活。

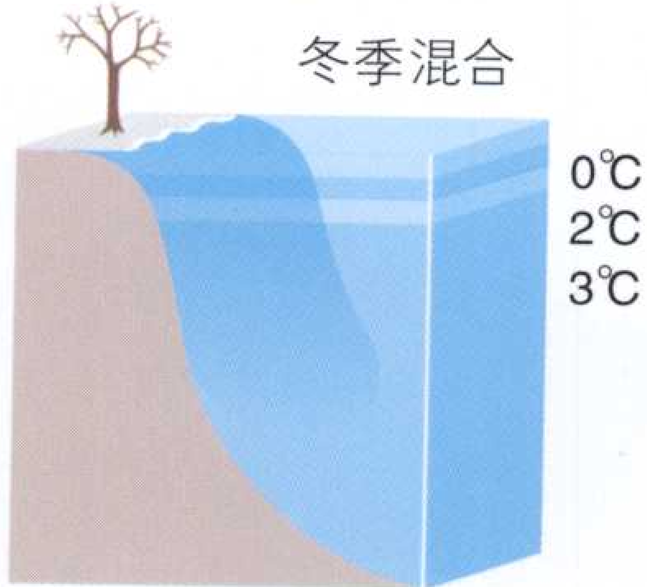
夏季
稳定的夏季温度能防止潟湖水体发生垂直循环。



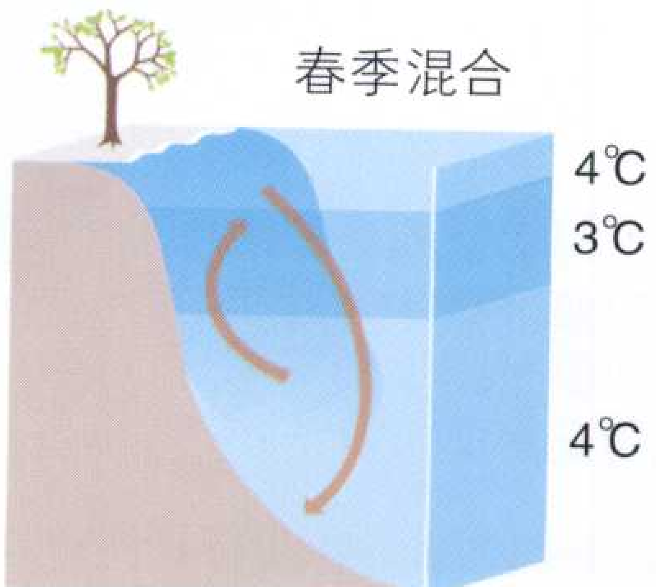
秋季
气温下降，水温变化形成表面水和深层水的混合。



冬季
当水温达到4℃时，水的密度会增加。这样就形成了表面水呈固态，而下层水呈液态的分层结构。



春季
水的特征再次引起湖水的垂直循环。春季的温度是形成这种循环的主要原因。



深层洋流

担负着为深层海水运送氧气的重要职能，这使得生命能够在深层海水中存活。

墨西哥湾流
墨西哥湾流

1 在格陵兰岛附近，北大西洋海水下沉，更冷更咸的海水被向南推移。

2 来自墨西哥湾流的表面温暖海水替代了正在下沉的较冷的海水。

太平洋
大西洋
印度洋
太平洋

海洋输送带
暖 冷

起伏不平的道路

山脉是对气候产生重要影响的地理特征。湿润的风与这些矗立的障碍相撞，必须沿其斜坡上升以跨越它们。在上升过程中，空气在迎风面以降水的形式释放水分，那里空气潮湿，植被茂密。到达背风坡的空气则相当干燥，那里的植被形式通常是稀疏的草场。

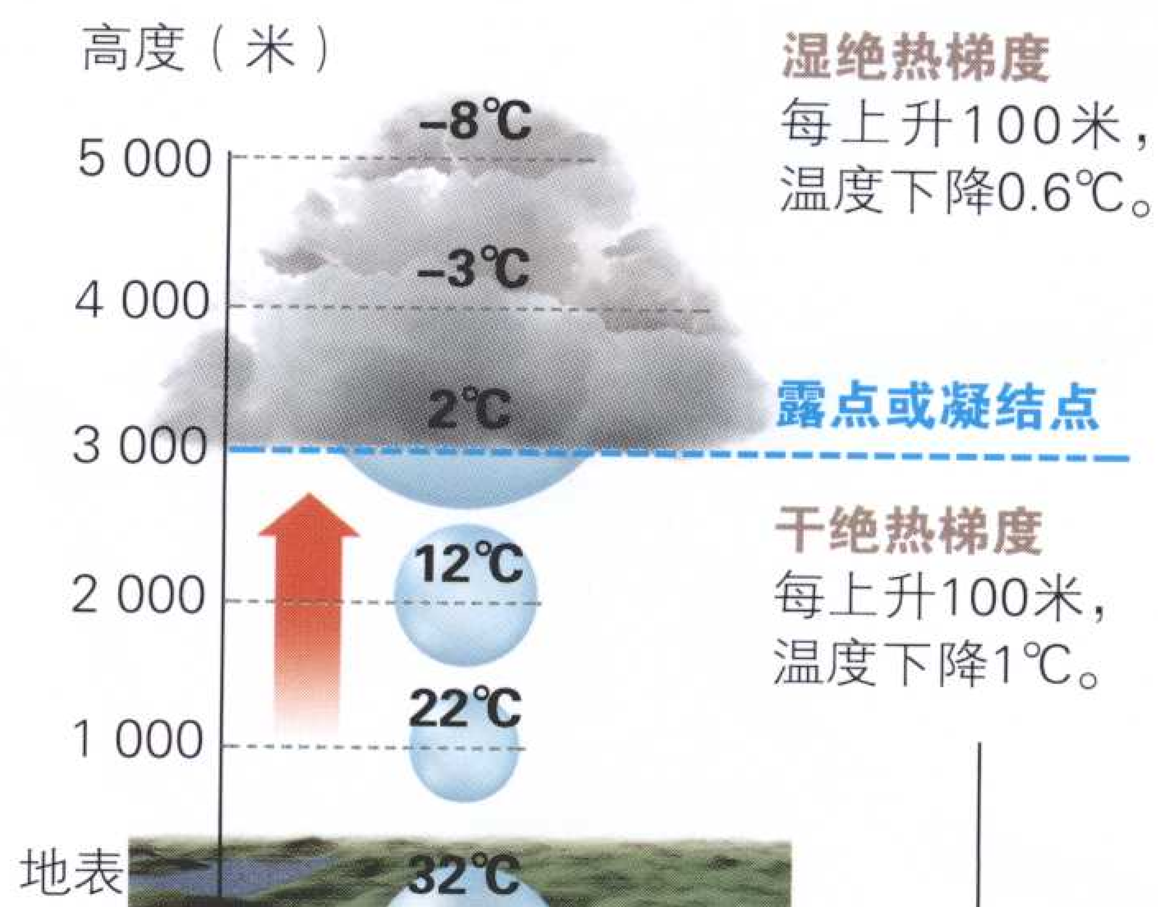
安第斯山脉效应

1. 湿润的气流

在安第斯山脉地区，主要的风是富含水汽、吹向沿海山脉的风。

2. 上升凝结

当气团冷却并达到饱和点（相对湿度100%）时就会出现凝结现象。当空气冷却饱和而气压维持稳定时露点（水汽凝结成液态水时的温度）就上升。



3. 降水

自然屏障迫使空气上升并冷却。结果就是形成云层和降水。

在云层中

温度（℃）	组成
-40~-20	冰晶
-20~-10	过冷水
-10~-0	微小水滴
0	水滴

高度污染的圣地亚哥

部分原因在于智利首都圣地亚哥是该国城市化和工业化程度最高的城市，面临着严重污染问题。另外，圣地亚哥地处山谷之中，这样的地形不利于驱散车辆和工厂造成的污染。

智利圣地亚哥

比尼亚德尔马

瓦尔帕莱索

太平洋

沿岸山脉

中间陷落纵谷

智利

本图描绘的是乌斯帕亚山口，智利圣地亚哥附近的海岸和安第斯山脉。

主要山脉

山峰	海拔
珠穆朗玛峰	8 844米
阿空加瓜峰	6 960米
道拉吉里峰	8 167米
玛卡鲁峰	8 463米
南迦峰	8 126米
干城章嘉峰	8 586米
奥霍斯德尔萨拉多山	6 893米
乞力马扎罗山	6 895米



植被

4 000米
3 000米
2 000米
1 000米
0米

苔原带。生长率很低，只在夏季生长。

针叶林带。这里的植被为针叶林。

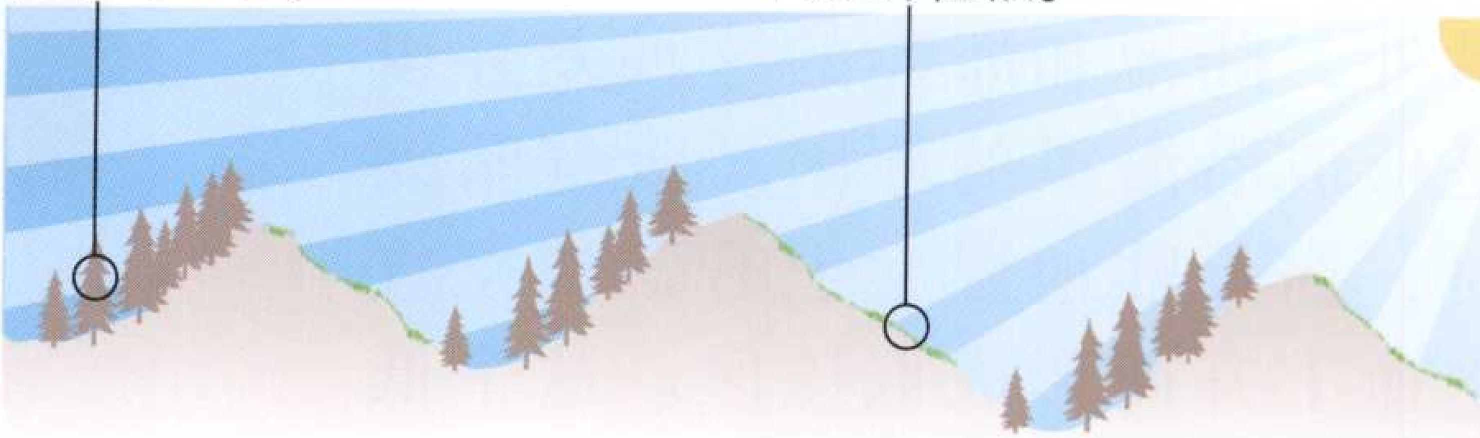
混合林带。由落叶林和针叶林组成。

灌木林。树叶干燥浓密的灌木。

草原带。主要为灌木丛：低矮、具有草木外观的多年生草本植物。

西坡
获得了大部分湿气，促使沿岸山脉松树和其他树木的生长。

东坡
太阳光线直接照射这些地区，使这里更加干旱，植被很少或者没有植被。



雪
过冷水滴结合形成冰晶而下落。

晶体体积变大。

在降落过程中，与其他晶体结合。

雨
微水滴体积变大，在重力作用下降落。

在降落时，与更小的水滴相撞。

不断的撞击增加了雨滴的体积。

4. 下沉气流
自然屏障迫使空气下沉并变暖。

阿根廷

安第斯山脉
高度超过
6 000米
与太平洋海岸平行，从巴拿马延伸至阿根廷南部。长度为7 240千米，宽度为241千米。

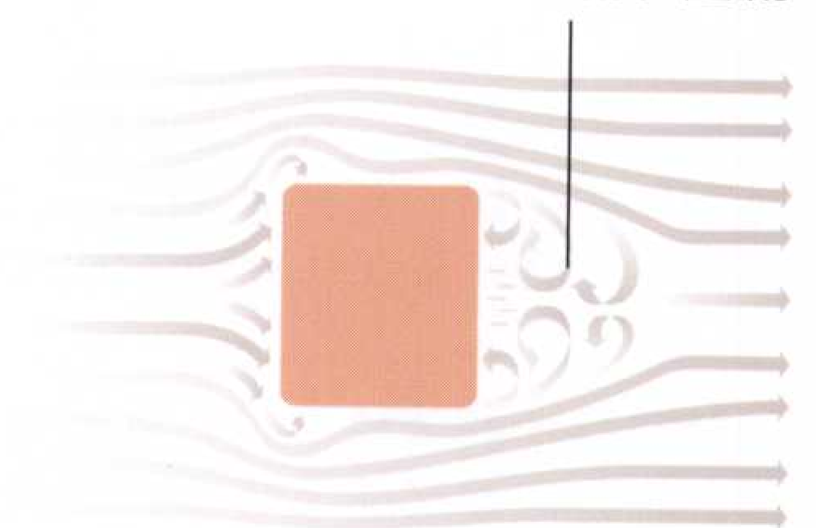
屏障如何产生作用

例如建筑物、树木和岩层之类的屏障大大降低了风速，并经常在它们周围形成湍流。

正视图　旋流



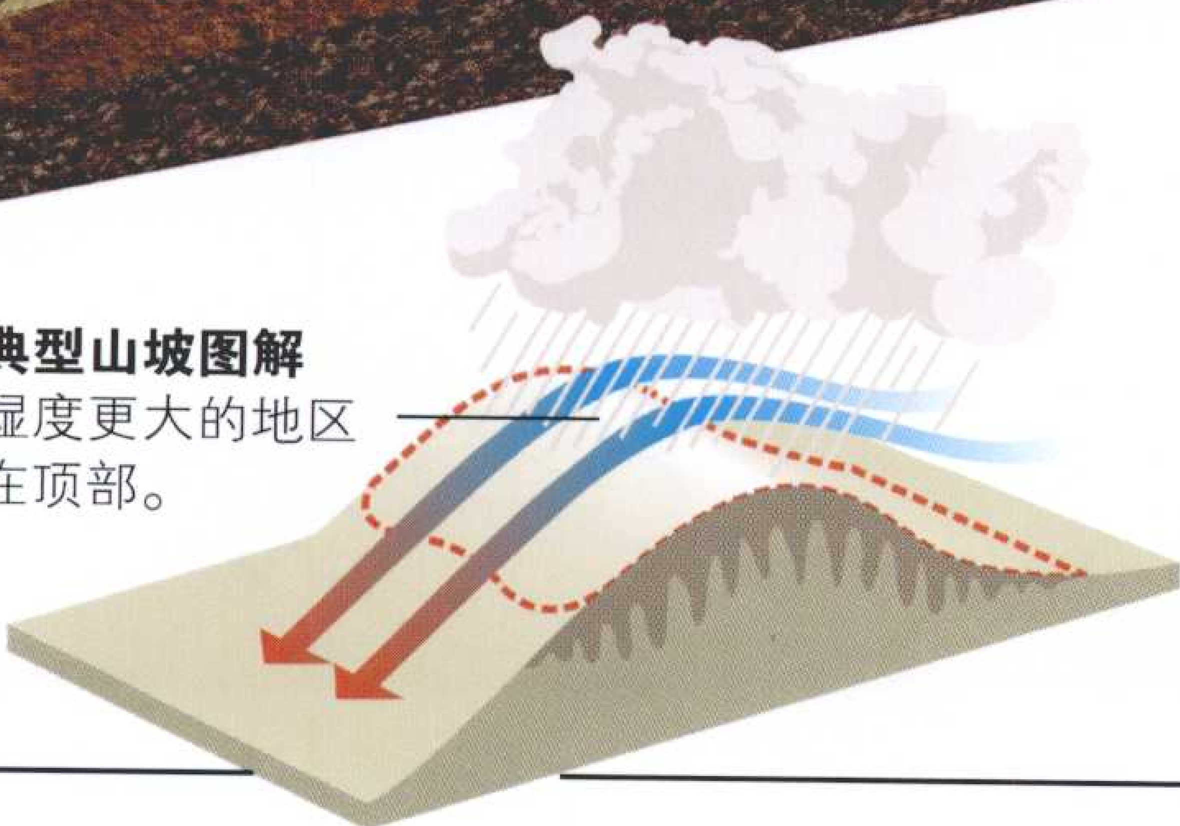
平面图　顺流和逆流



山形效应类型

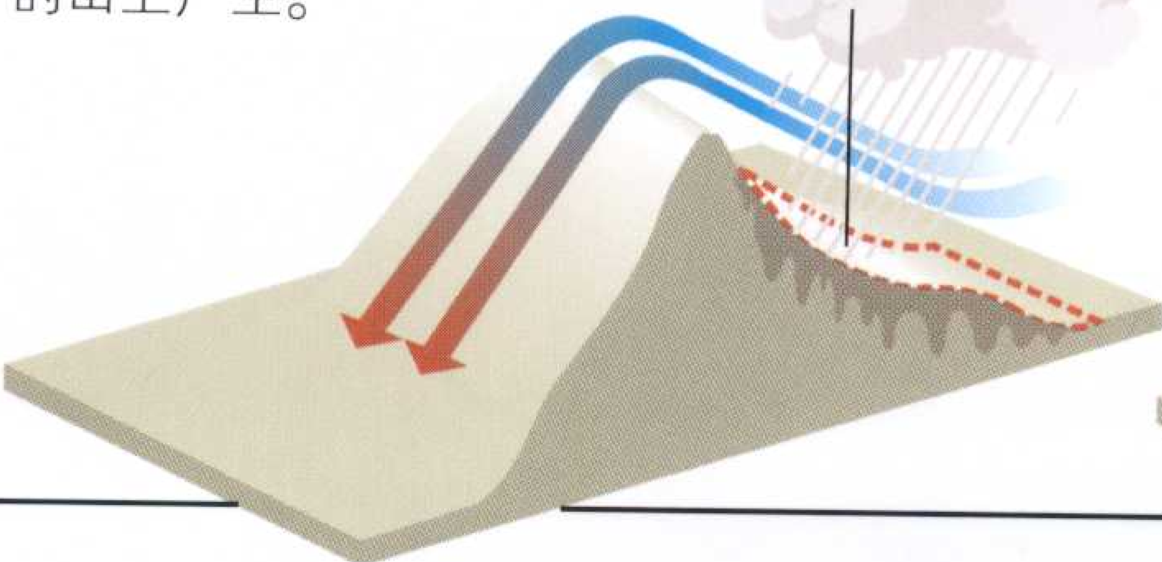
干燥的风　湿润的风　受降水影响的地区

典型山坡图解
湿度更大的地区在顶部。

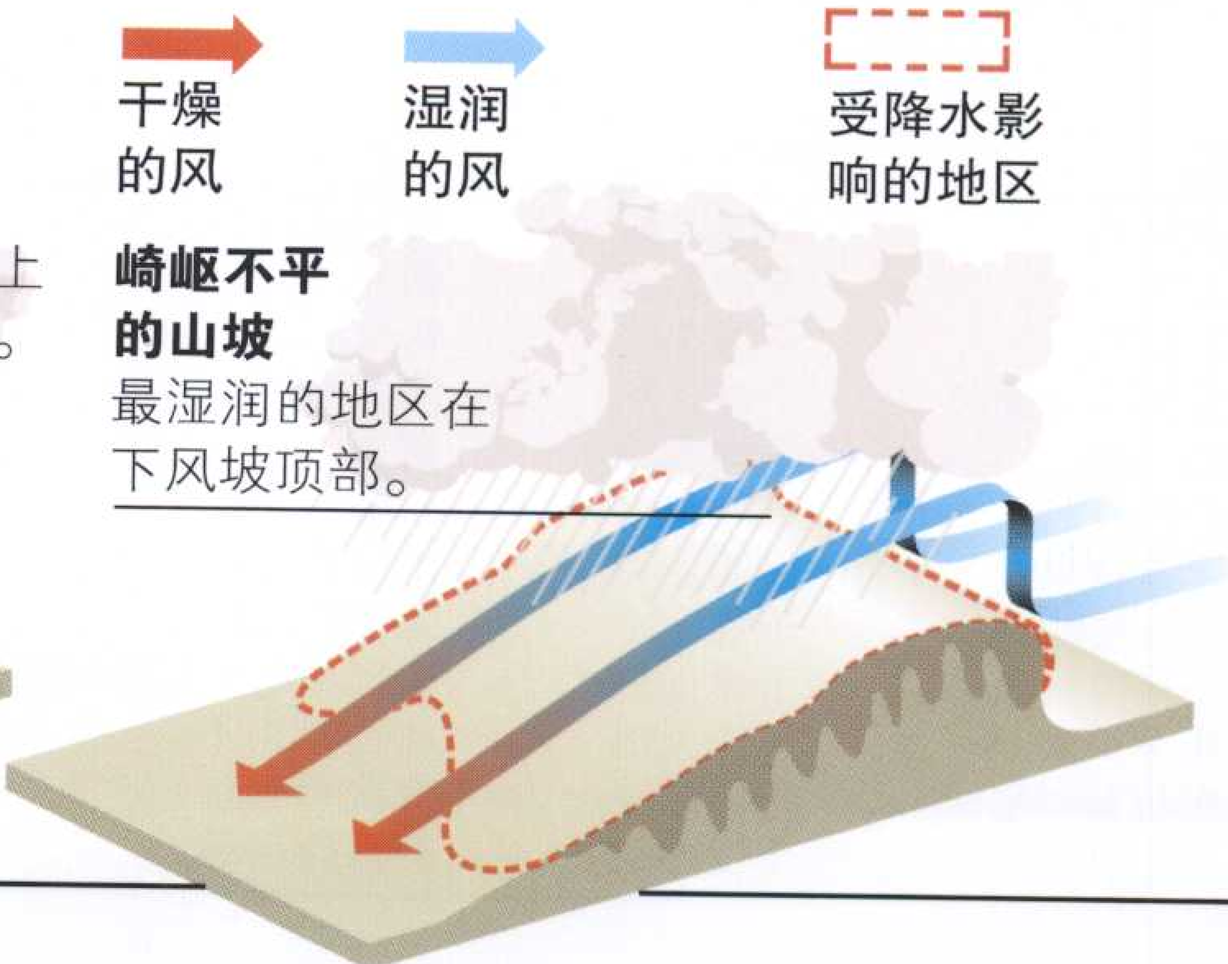


非常高的高山
在高度超过5 000米的山上产生。

最湿润的地区在上风面的半山腰处。



崎岖不平的山坡
最湿润的地区在下风坡顶部。



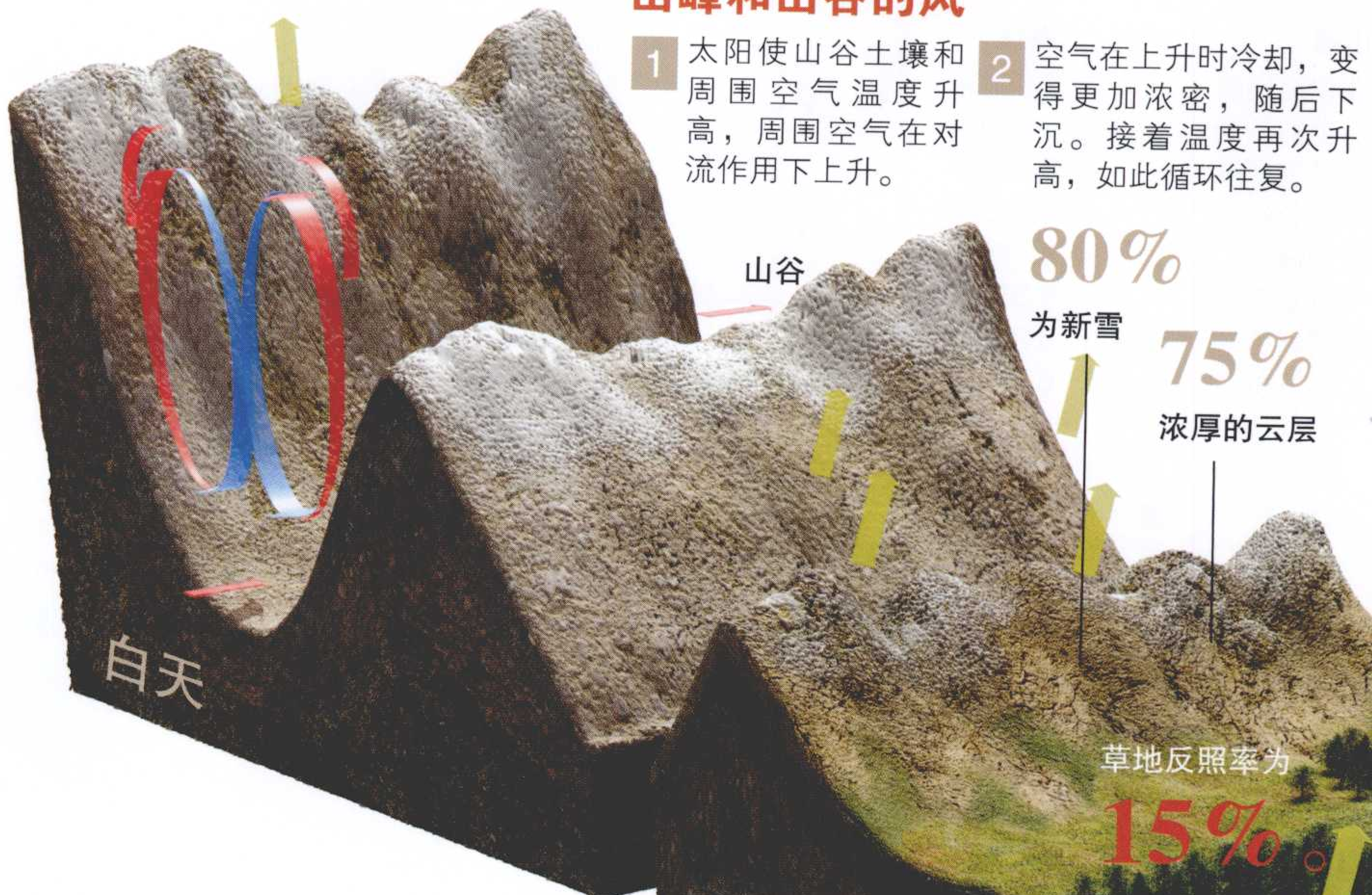
陆地和海洋

温度的分布，尤其是温度的差异在很大程度上取决于陆地表面和水体表面的分布。特定的热量差异缓和了大型水体附近地区的温度变化。水体吸收和释放热量的速度比陆地慢得多，这就是水体能够使环境变冷或变热的原因，这种影响是毋庸置疑的。另外，陆地和海洋的这种差异也是形成沿海风的原因。天气晴朗时，白天陆地温度上升，使空气迅速上升而形成低压区。这个低压区就会拉来海洋微风。

山峰和山谷的风

1 太阳使山谷土壤和周围空气温度升高，周围空气在对流作用下上升。

2 空气在上升时冷却，变得更加浓密，随后下沉。接着温度再次升高，如此循环往复。



1 冷气流从山腰向山谷底部下降，山谷底部还是热的。

2 气流在对流作用下升温并上升。上升时气流温度下降，再次沿着山腰下沉。



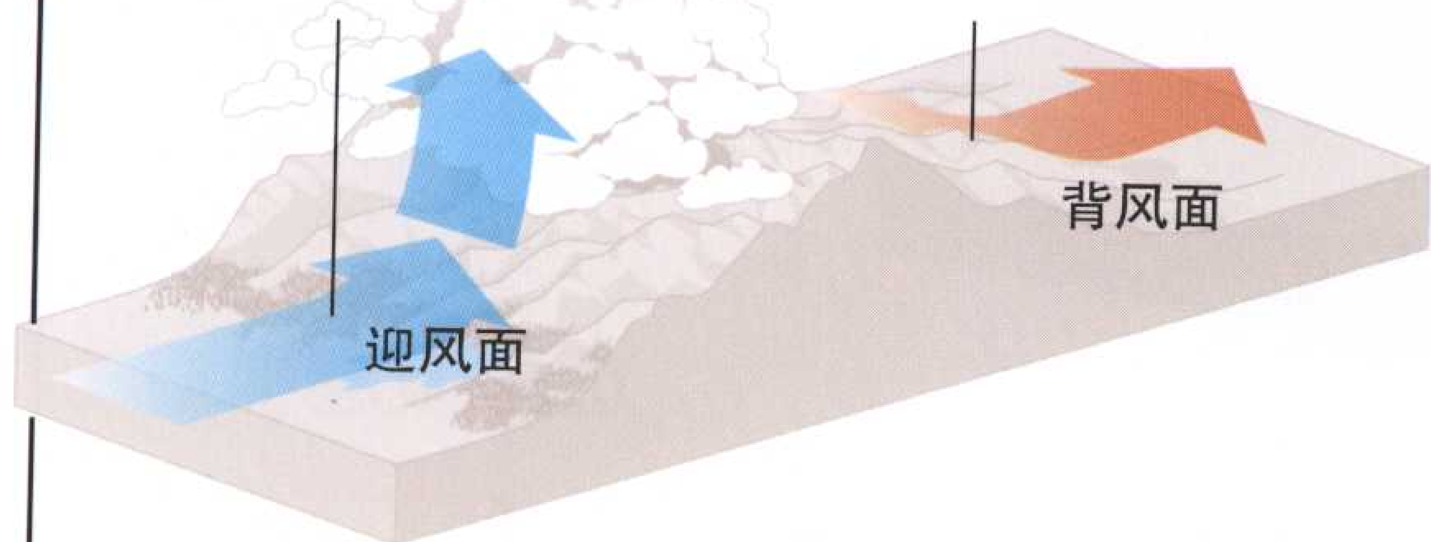
山风

奇努克风

这种风干燥而温暖，有时温度很高，在世界很多地方都会出现。在美国西部，它们被称为奇努克风，能够让雪在几分钟之内消失。

湿润的风被抬起跨越山坡，在迎风面形成云层和降水。这种风被称为上坡风。

在背风面，干燥的冷风沿山坡下沉。这种风被称为下坡风。

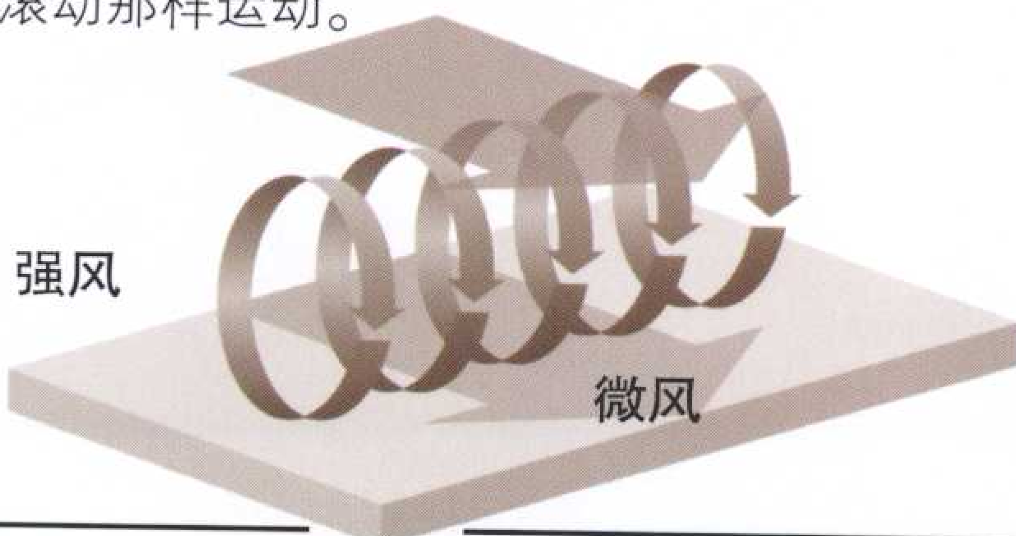


风	特征	地点
奥坦风	干燥温和	法国西南部
山风	干燥温暖	南非
布拉风	干燥寒冷	意大利东北部
布里克飞德风	干燥炎热	澳大利亚
布冷风	干燥寒冷	蒙古
哈麦丹风	干燥寒冷	北非
累范特风	湿润温和	地中海地区
密史脱拉风	干燥寒冷	法国罗纳河谷
圣塔安娜风	干燥炎热	美国加利福尼亚州南部
西洛可风	干燥炎热	南欧和北非
屈拉蒙塔那风	干燥寒冷	南欧和北非
干热焚风	干燥温和	阿根廷西部

热空气旋风

平原地区的酷热能形成螺旋形的热空气柱，有时高度能达到100米。

1 高速强风在风力稍弱的风的上方移动，造成中间的空气像桌子上的铅笔滚动那样运动。



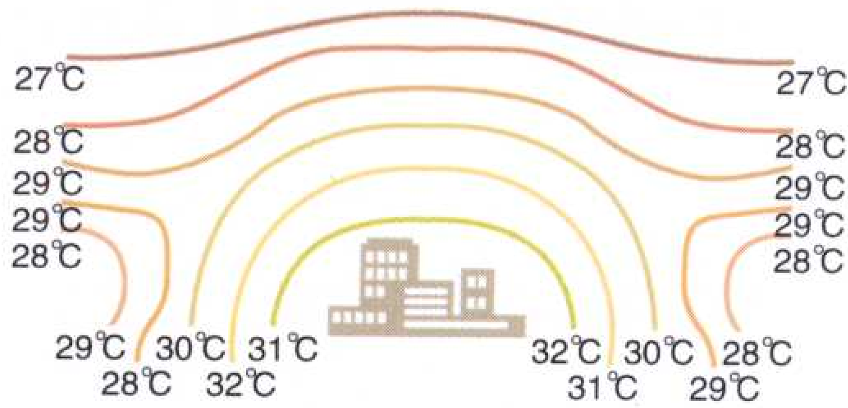
2 一股强气流抬升此螺旋形旋风。



热岛

城市表面为建筑群的综合体。水泥和沥青在阳光明媚的白天吸收大量热量，在夜晚释放热量。

典型城市的等温线



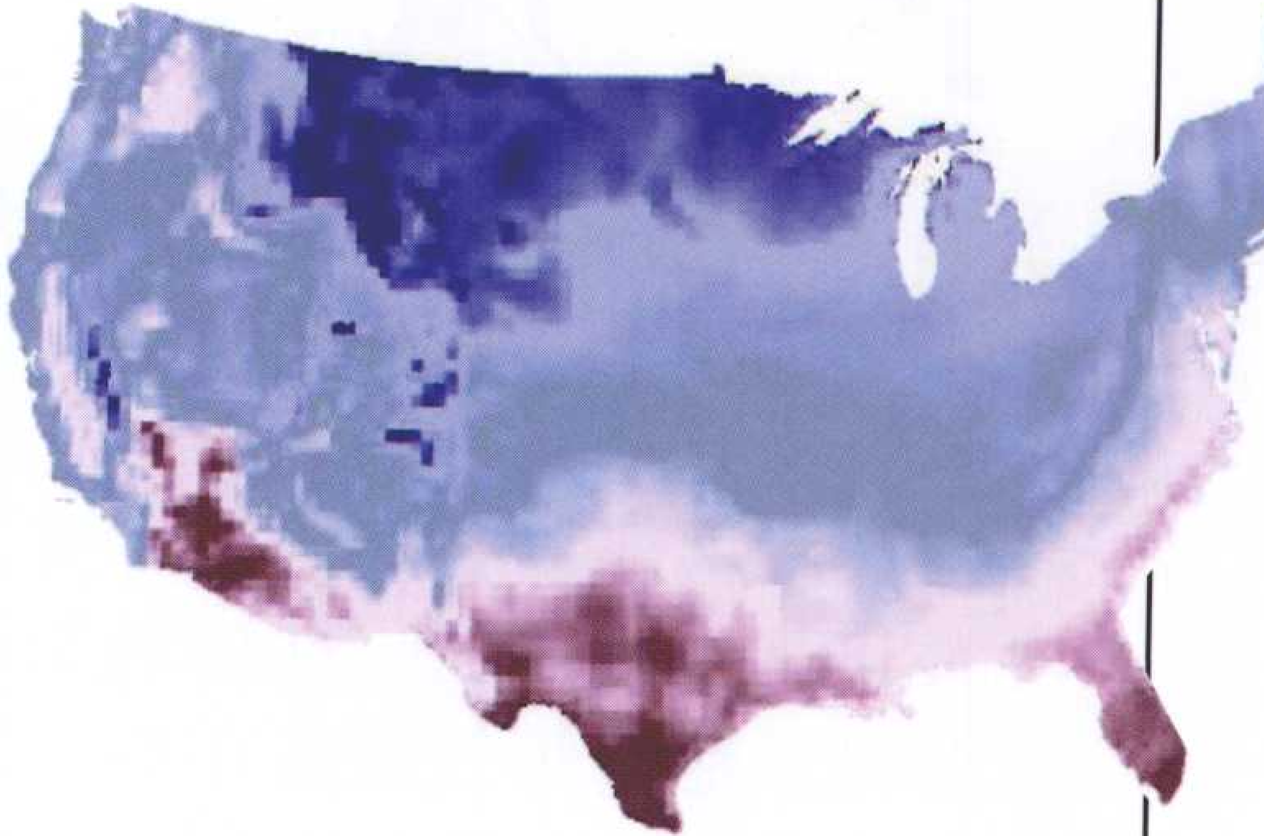
陆性度

在大陆内部，每天的温度差异很大，而在沿岸地区，海洋的作用减小了这种差异。这种陆性效应在美国、俄罗斯、印度和澳大利亚非常明显。

陆性指数



美国的日温度差异示意图





它们吸收大量热量，但是温度依然偏凉，这是因为大部分的能量被用来蒸发潮气。

工厂和车辆向大气排放大量热量。

海洋微风

空气在森林和农村地区趋于下沉。

夜晚，城市缓慢地释放在白天吸收的热量。

流动趋于平衡。

陆地微风

图示



沿岸微风

1. 在陆地

白天，陆地比海洋的温度上升速度更快。暖空气上升，并被来自海洋的较冷空气取代。



由于地面传导率低，热量停留在表层，地表层会迅速变热或变冷。

在海洋

海洋从海岸得到在水边失去热量的空气，由此，变冷的空气向海洋方向下沉。

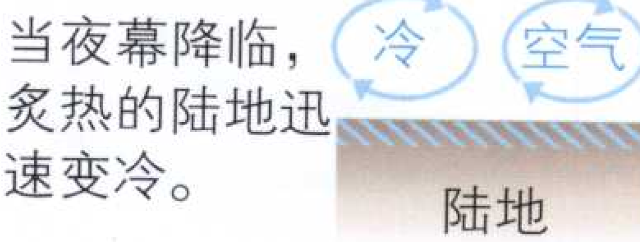


由于水的透明度高，热量渗透到更深层的水中。一部分热量在水的蒸发过程中被消耗掉。

2. 在陆地上

夜晚，陆地散发热量的速度比海洋更快，所产生的压力差异促使暖空气取代沿岸的冷空气。

当夜幕降临，炙热的陆地迅速变冷。



在海洋中

热量从水中散失的速度更慢。



当夜幕降临时，水温温热（只比陆地温度稍热）。

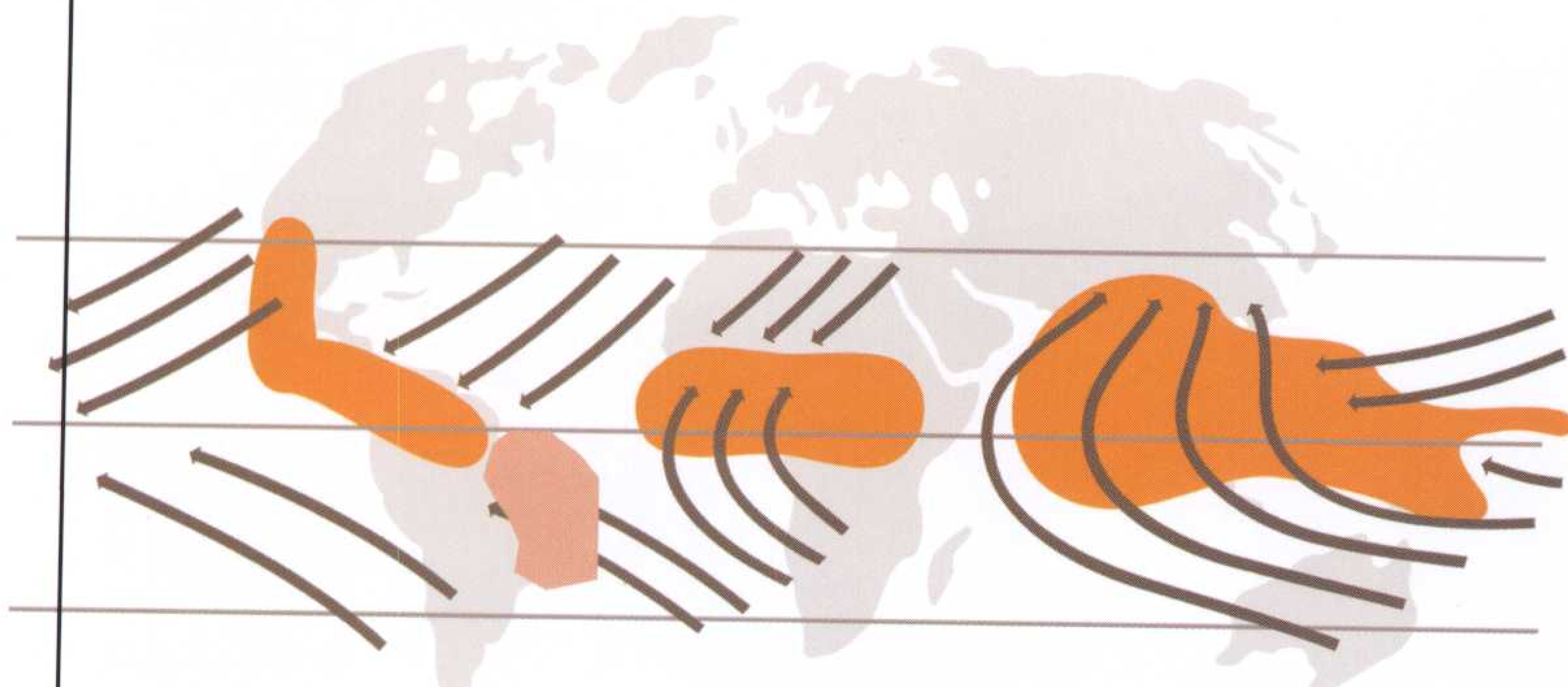
季 风

通常影响热带地区的湿润强风被称为季风，英语中这个词来自阿拉伯语，意思是“季候风”。在北半球的夏季，季风横扫东南亚，尤其是印度半岛。气候条件在冬季发生转变，季风调转风向前往澳大利亚北部地区。这种现象也在美国大陆地区频繁出现，是每年气候循环的一部分，季风的强度和造成的后果给许多人的生活带来影响。●

受季风影响的地区

这种现象影响从西非到西太平洋低纬度地区的气候。在夏季，季风形成亚马孙地区和阿根廷北部的降雨。这些地区冬季通常降雨稀少。

7月份的主要风向

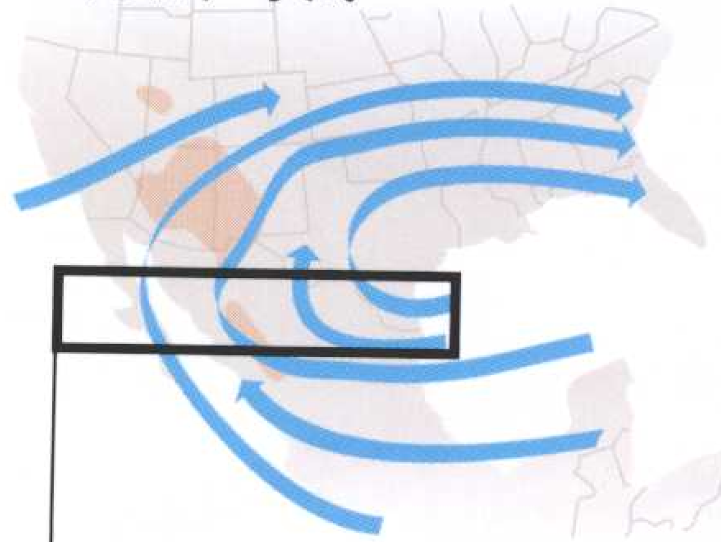


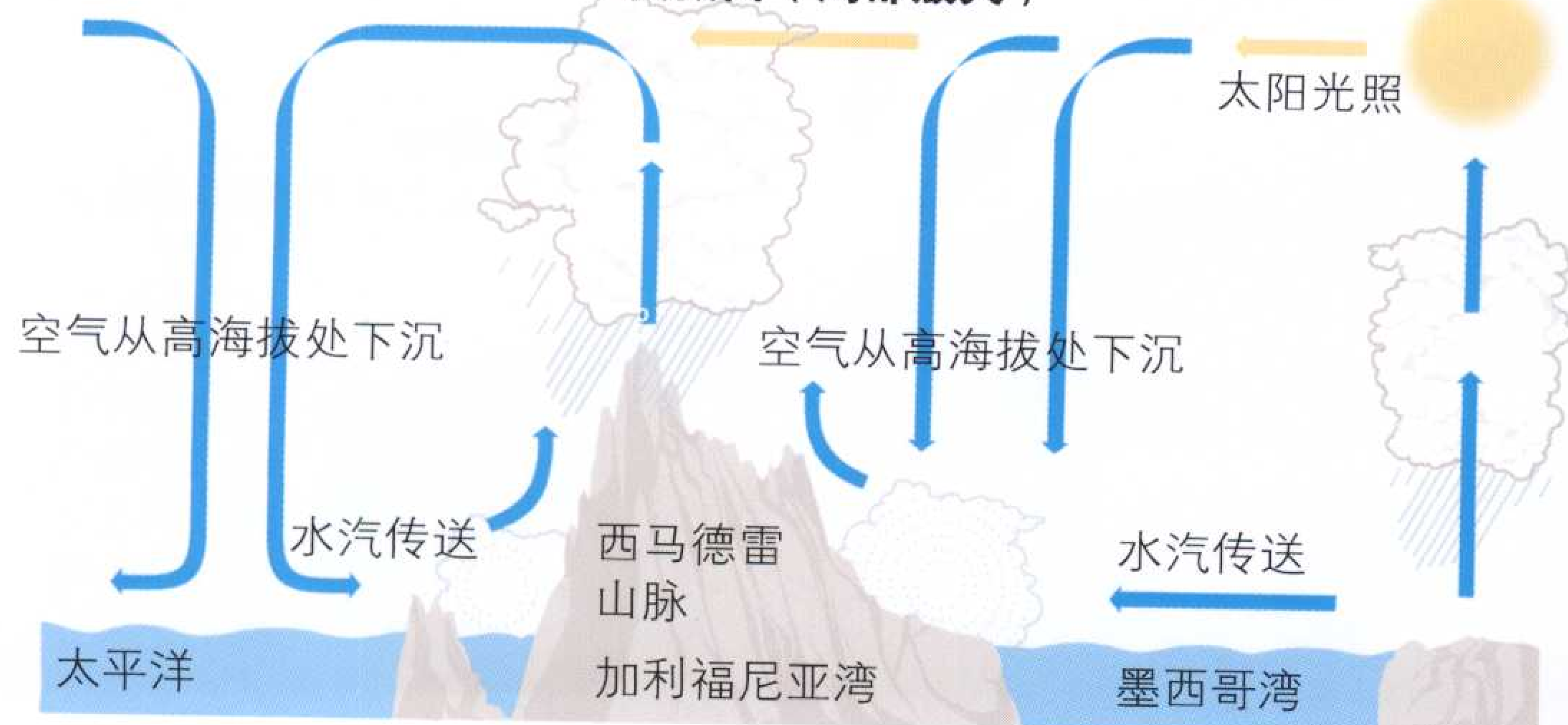
北美洲的季风

5月份，**季风来临前**



7月份，**季风**





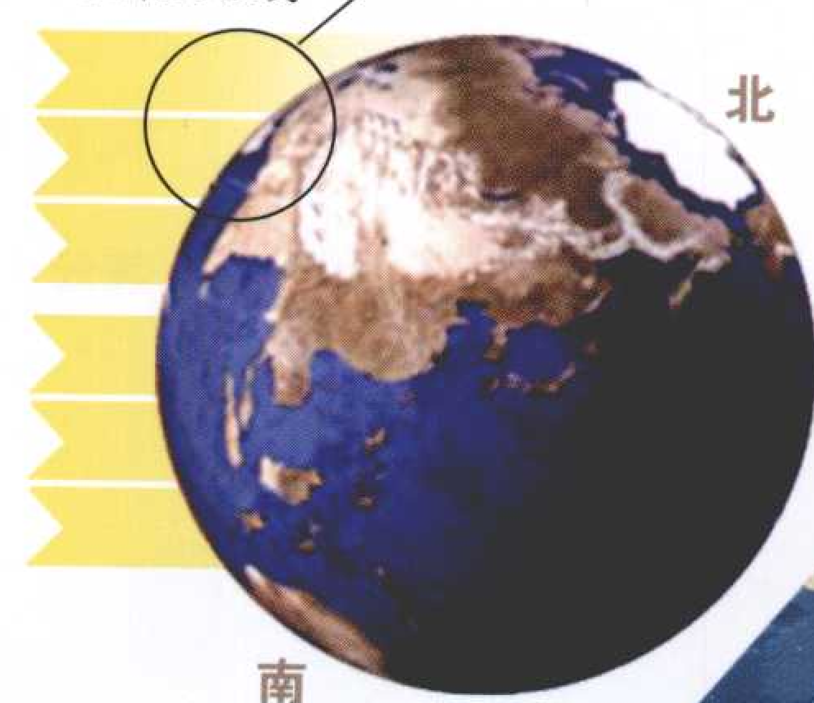
印度的季风是如何形成的

季风结束　季风开始　寒冷干燥的风　温暖湿润的风　B 气旋（低压）　A 反气旋（高压）

1 大陆变冷
夏季季风过后，中亚和南亚停止降雨，气温开始回落。北半球开始进入冬季。

北半球
目前处于冬季。太阳光线斜射，经由较长的距离穿越大气层到达地球表面。由于光线照射的地表面积较大，因此其平均温度比南半球低。

南半球
目前处于夏季。太阳直射地球表面并集中在较小范围的地区，因此平均温度比北半球高。



2 从大陆到海洋
支配大陆地区的寒冷干燥气团被移向海洋，而海水温度相对比较温暖。

阿拉伯海

3 海洋风暴
位于海洋的气旋将冷风从大陆吸过来，并将较暖较潮湿的空气抬起，这股空气通过上层大气回到大陆。

热带辐合带的界线

热带地区的影响

南北回归线之间的大气循环会对季风的形成造成影响。从副热带地区吹向赤道的信风受到哈德里环流圈的推动，并在行进过程中在科里奥利效应下偏移。热带地区的风位于环绕地球的低压带，也就是热带辐合带内出现。当北半球处于温暖时节，热带辐合带季节性地向北移动，就出现了夏季季风。

陆地与海洋间的热量差异

陆地温度低，因此靠近地面的微风吹向海洋。

海洋温度比陆地略高，因此湿润空气上升。冷空气与其相遇，形成云层和降雨。

地面温度高，因此空气上升，并在低层被从海洋吹来的冷风所取代。两股微风相遇，在陆地上方形成云层和降雨。

海洋温度低，因为太阳光线加热海水的速度比加热陆地的速度慢得多。来自海洋的冷空气吹向沿岸更加温暖的地区。

太阳光线的入射角

寒冷陆地

孟加拉湾

温暖陆地

阿拉伯海

孟加拉湾

热带辐合带的边界

大陆风暴 3
印度和孟加拉国的气候炎热干燥。当来自海洋的湿润凉爽的风来临时，将给这些地区带来暴雨。



屏障 2
喜马拉雅山脉和高止山脉使湿润的风发生偏转，折向东北。这片被山峰包围的区域是受季风影响的主要地区。

从海洋到大陆 1
来自海洋的湿润凉爽的风吹向非常炎热干燥的大陆。

好运和灾难

季风是一种气候现象，它影响着地球上人口最密集的地区之一——印度的生活和经济。在印度，人们庆祝大量雨水的降临，因为雨水的到来结束了极为干旱的季节，但是同时人们又对大雨心存恐惧，不时暴发的洪水冲毁了庄稼和房屋。由于该地区人口密集，自然灾害造成的危害很大，因此，预测灾害并采取相应的预防措施（例如疏散易受洪灾地区的人员），是当地农业活动中必不可少的一部分。在暴雨时期，甚至在已经遭受洪灾的地区，当地的农业活动依然继续进行。



丰收来自水中

淤泥使土壤变得更加肥沃，在一定程度上补偿了洪水造成的损失。之后可以在干燥的季节使用堆积起来的湿润土壤进行种植。水稻是一种生长在水田中的作物。

2006年6月

季风给南亚地区带来的悲剧

2006年6月16日

约49人

死亡。

降水（毫米）





2006年6月16日

21人

丧生。

孟加拉国的暴风雨使

大约100万

人被困。

约212人

这是印度在2006年6月的自然灾害中遇难的人数，其中大部分是在雷电风暴中因遭到雷击而身亡的。



泛滥的河流

连接恒河与孟加拉国境内雅鲁藏布江的流域是遭受这些降雨引发的洪水灾害最严重的地区。降雨破坏了粮食丰收和经济繁荣。

厄尔尼诺来临

水圈和大气层相互作用，形成了水与空气之间的动态热平衡。如果这种平衡被打破，就会在秘鲁沿岸和东南亚之间出现异常气候现象，例如厄尔尼诺现象，或者较少出现的另一种现象——拉尼娜，它们是造成异常旱灾和洪灾的元凶，这些灾害每2~7年出现一次，影响太平洋沿岸人民的日常生活。●

正常情况

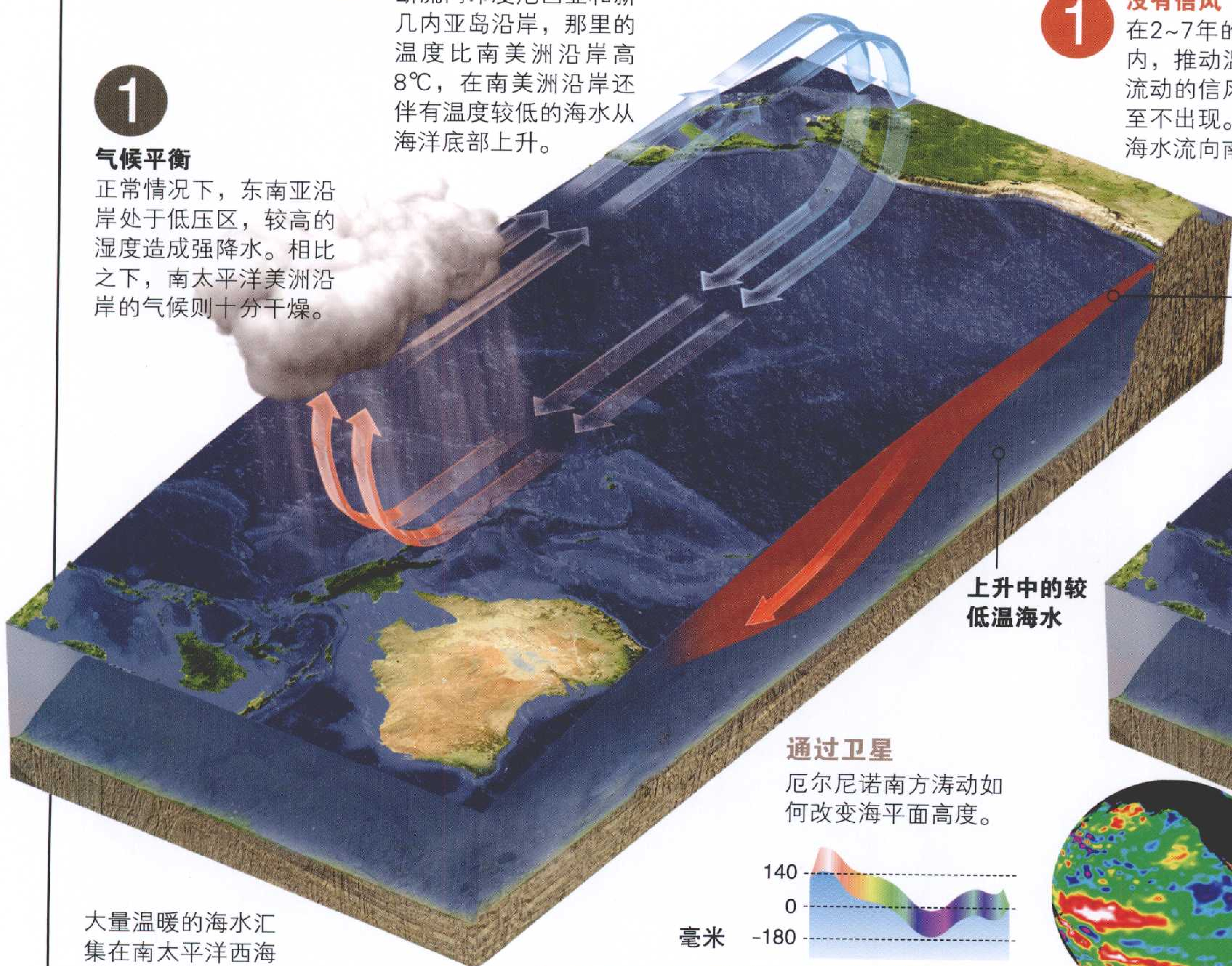


图例
反气旋（高压中心）
寒冷 温和 温暖

3 信风
这些相对持续不断的风把太平洋的海水从东吹向西。印度尼西亚沿岸的海平面和南美洲西部沿岸的海平面平均相差约0.5米。

2 温暖的海岸
由于大量温暖的海水不断流向印度尼西亚和新几内亚岛沿岸，那里的温度比南美洲沿岸高8℃，在南美洲沿岸还伴有温度较低的海水从海洋底部上升。

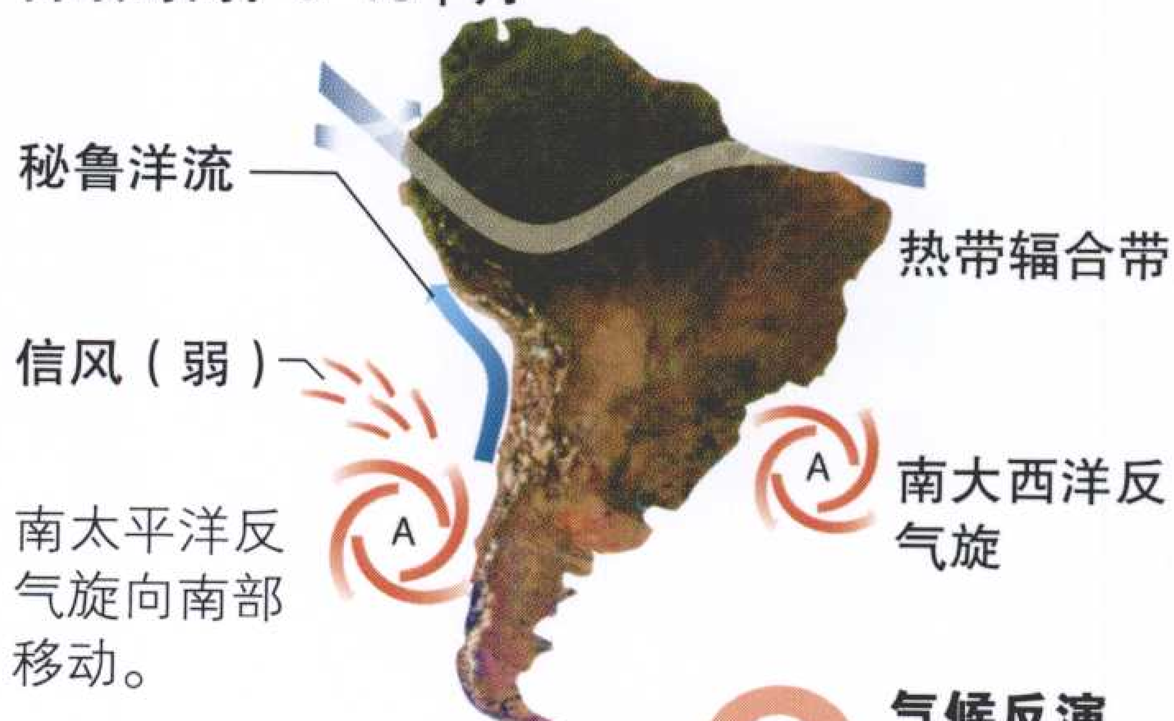
1 气候平衡
正常情况下，东南亚沿岸处于低压区，较高的湿度造成强降水。相比之下，南太平洋美洲沿岸的气候则十分干燥。



大量温暖的海水汇集在南太平洋西海岸，由于海洋表面持续刮起的信风而不断汇集。

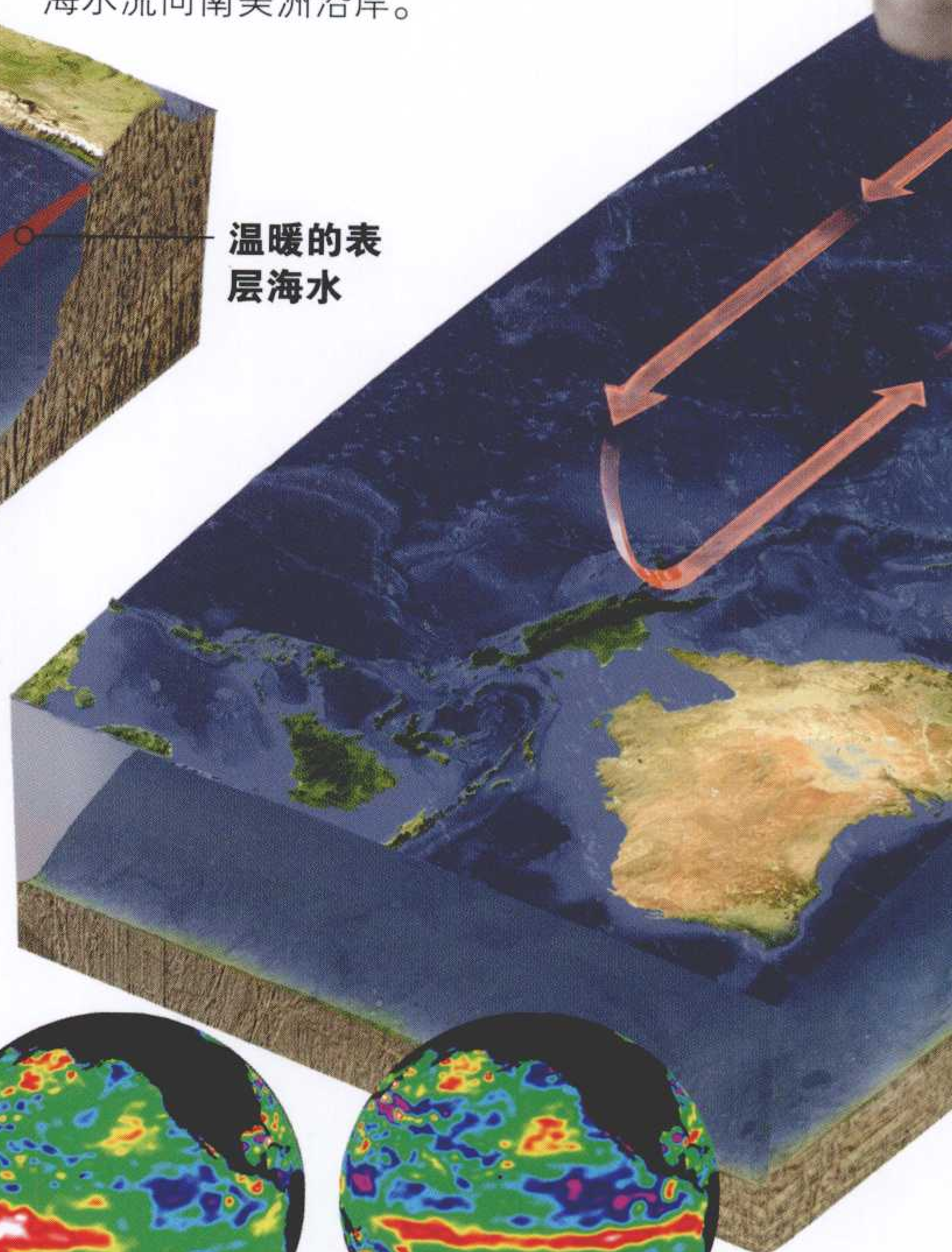
厄尔尼诺（厄尔尼诺温暖期/南方涛动）

持续时间：9~18个月

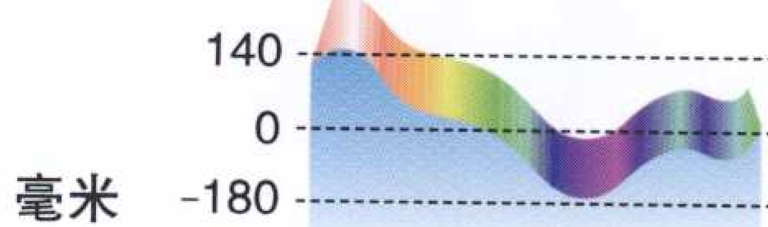


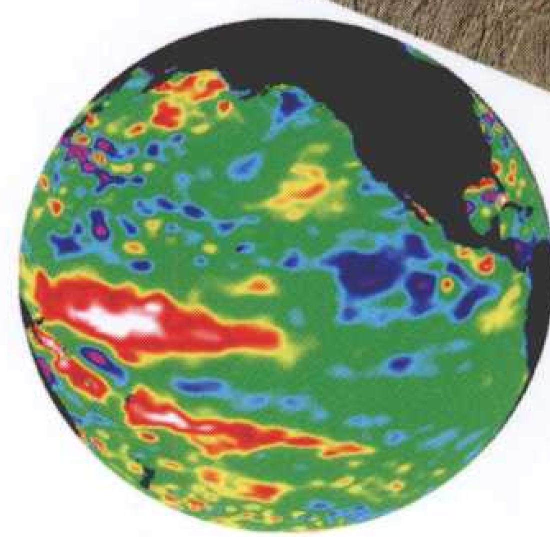
2 气候反演
大约6个月的时间，正常的气候条件发生逆转。秘鲁和厄瓜多尔沿岸的空气和海水温度升高，湿度增大并造成暴雨。

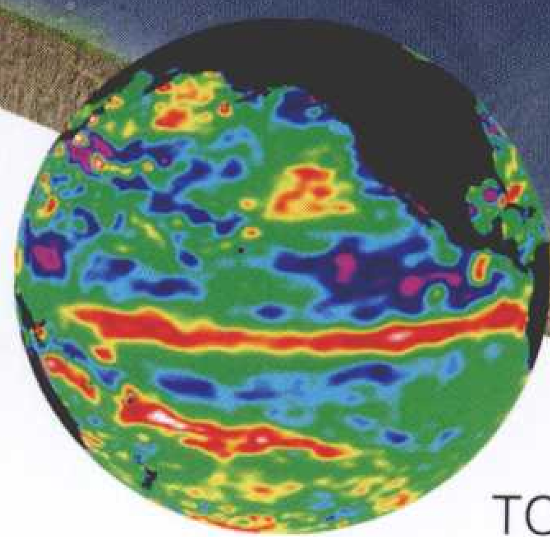
1 没有信风
在2~7年的一个周期之内，推动温暖海水向西流动的信风急剧减少甚至不出现。因此，整片海水流向南美洲沿岸。



通过卫星
厄尔尼诺南方涛动如何改变海平面高度。

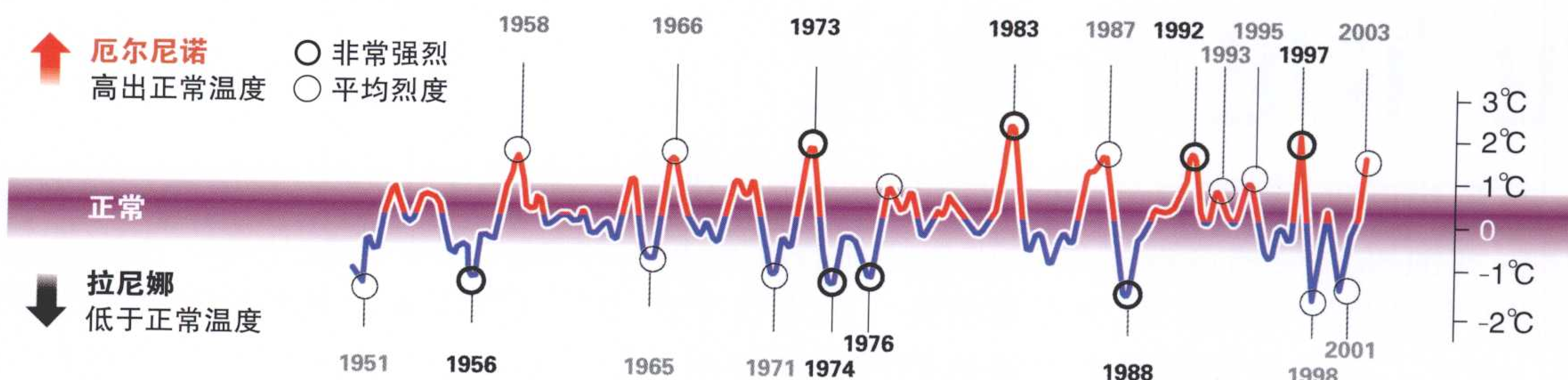






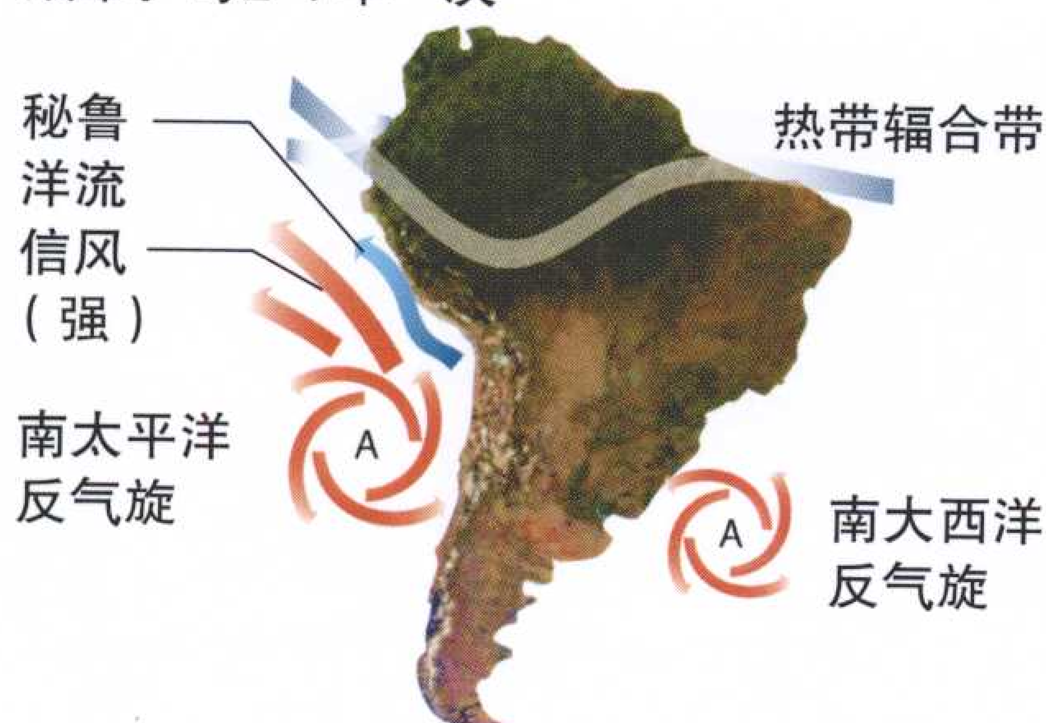
厄尔尼诺 1997年4月25日 1997年5月25日 TOPEX/Poseido 卫星绘制的图像

海洋表面温度
图表显示了秘鲁沿岸海水因南方涛动引起的温度变化。本图显示了过去50年间厄尔尼诺和拉尼娜现象的交替出现。



拉尼娜（冷的厄尔尼诺南方涛动）

持续时间：9~18个月
频率：每2~7年一次



3 人们感受到的厄尔尼诺现象
东南亚经历严重干旱，气压升高，气温下降。在南美洲沿岸，强风和暴雨出现在通常干燥的地区，并引发了洪灾和动植物的变化。

2 冷流
南美洲西海岸大量温暖海水的总体失调还造成了表面温度低于正常值，同时伴随高气压以及湿度减少。

3 严重干旱
拉尼娜的影响没有厄尔尼诺严重。然而，这种气候现象持续时间越短，造成的危害程度就越严重。其影响通常开始于年中，在年末时加重，在下一年减弱。在加勒比海，拉尼娜会造成湿度增加。

1 过度补偿
厄尔尼诺过后一切回归正常，这会成为另一种相反现象——拉尼娜的序曲（尽管不一定总是如此）。受南方涛动的气压水平影响，信风比正常时期更加强劲。

寒冷的表层海水和深层海水

温暖的表层海水

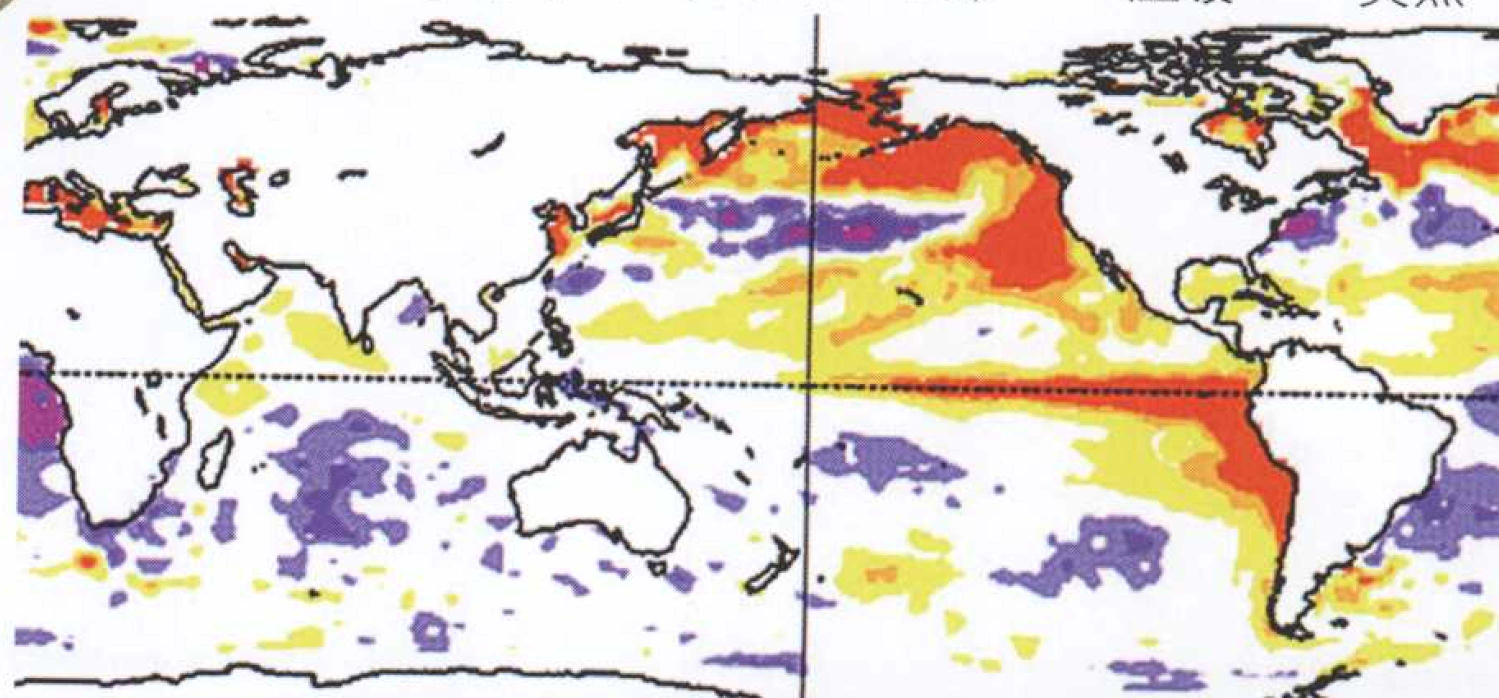
寒冷的深层海水

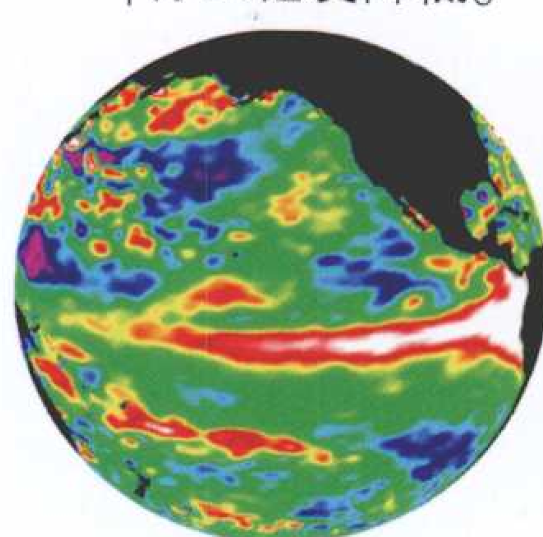
温暖的表层海水

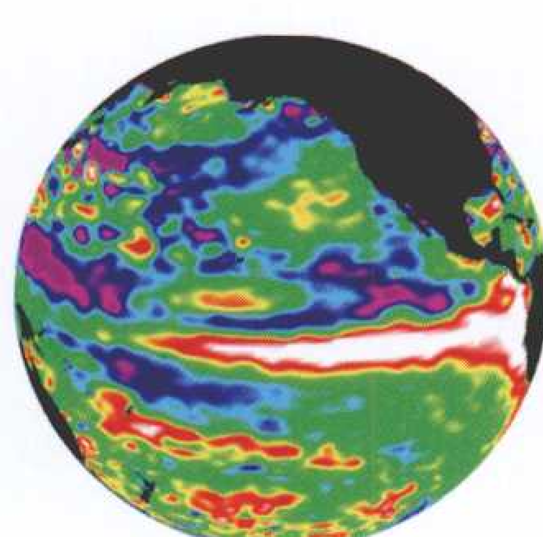
相对温暖的海水被吹向西太平洋。寒冷的海水上升，阻断了所有可能向东流的暖洋流。

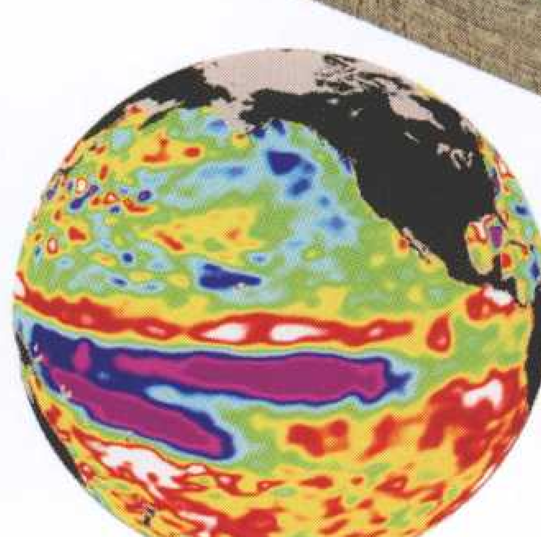
相对温暖的海水取代向上流动的较为寒冷的海水，而这种向上流动的较冷海水通常会为南美洲沿岸海域表层带来丰富的鱼类及其他海洋生物。如果没有这种海水循环，渔业的产量将大幅度降低。

世界范围内
1997年厄尔尼诺发生阶段海面温度情况




1997年6月25日


1997年9月5日


拉尼娜 1998年7月11日

厄尔尼诺效应

被称作厄尔尼诺的自然变暖现象改变了太平洋中东部地区厄瓜多尔和秘鲁沿岸的海水温度，农民和渔民们受到这种温度变化和洋流改向的负面影响。由于气温升高，正常情况下海洋中富含的营养物质在沿岸地区减少或者消失。由于整个食物链受到破坏，其他物种也受到影响并从海洋消失。相反，生活在温暖海水中的热带海洋物种则大量繁殖。这种现象影响着全球的天气和气候，会造成不同地区的洪水、食物短缺、干旱和火灾。●

洪水
厄尔尼诺在智利沙漠地区引起的异常洪水和随后的水分蒸发，留下了六边形的硝酸钾沉淀物。



智利阿塔卡马
阿塔卡马盐沼
南纬22° 54′
西经68° 12′

表面面积	3 000平方千米
原因	厄尔尼诺的各种异常现象造成的洪水
年份	1999年

受影响地区

厄尔尼诺 12~2月



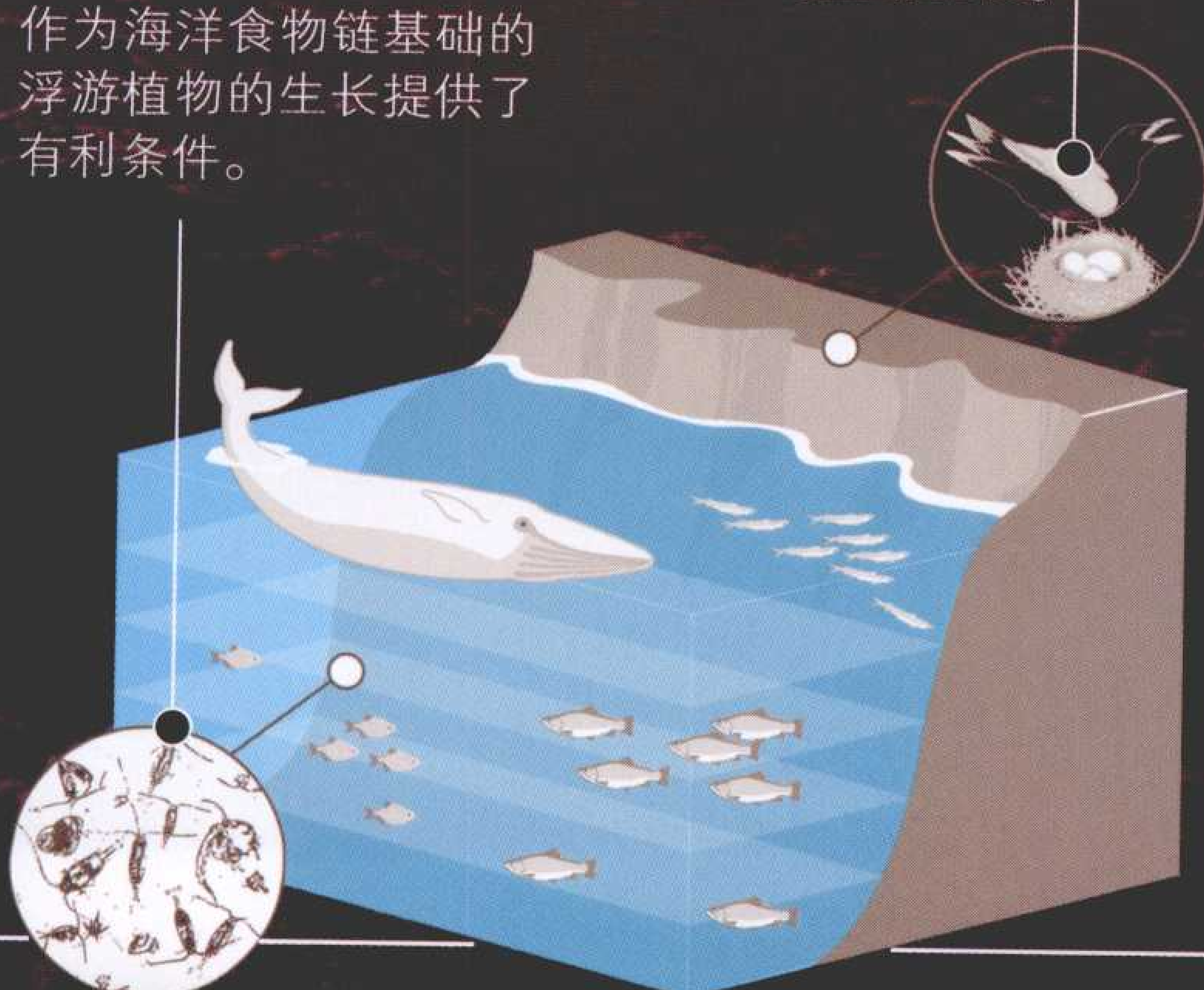
拉尼娜 6~8月



图例
- 湿润
- 寒冷
- 寒冷兼湿润
- 温暖兼湿润
- 温暖
- 干燥
- 干燥且寒冷
- 干燥且温暖

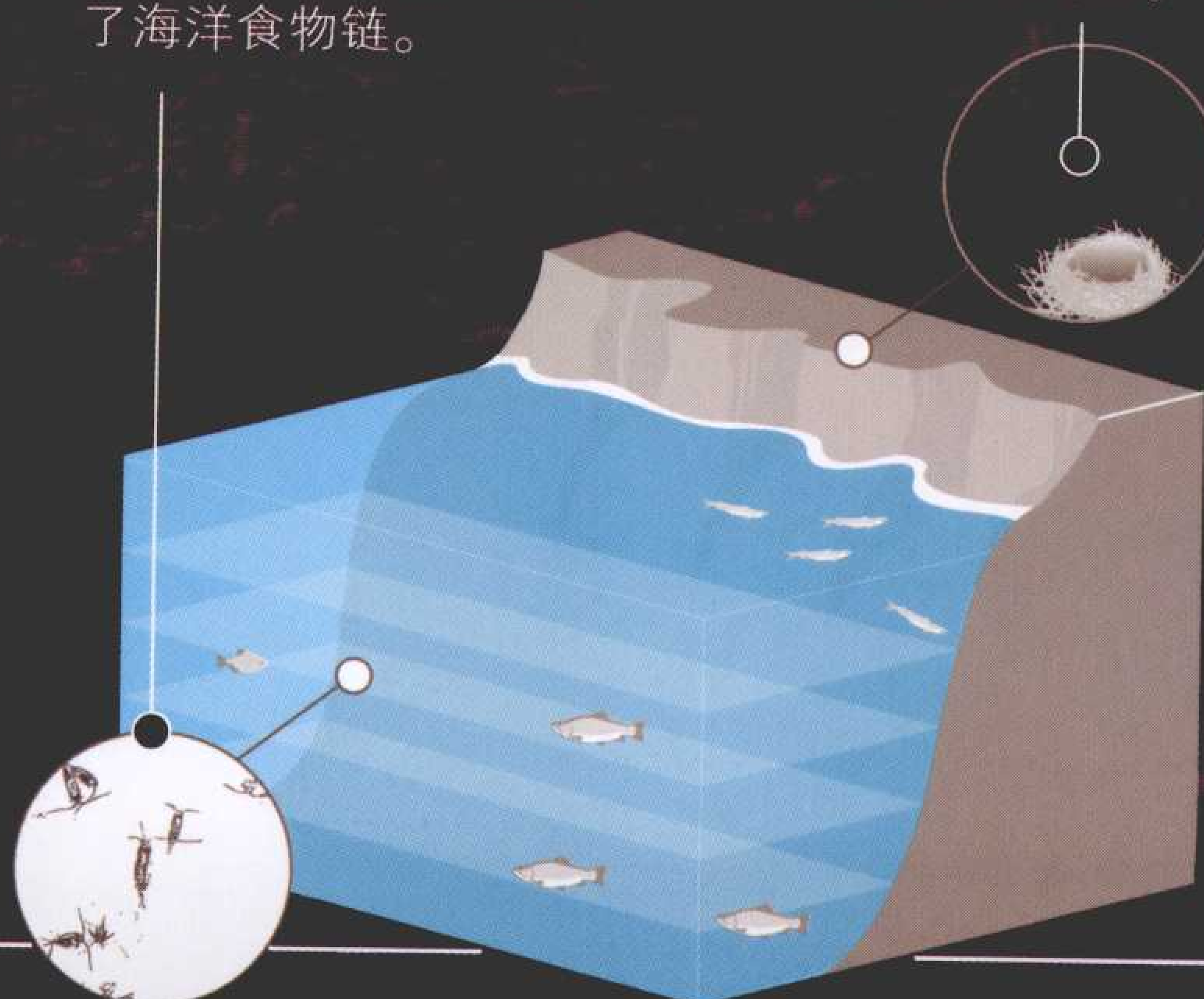
正常情况
富含营养物质的低温海水从海洋底部上升，为作为海洋食物链基础的浮游植物的生长提供了有利条件。

浮游植物促进了微生物、鱼类和其他生物的正常生长。



厄尔尼诺期间
低温海水缺乏，削减了浮游植物的数量，改变了海洋食物链。

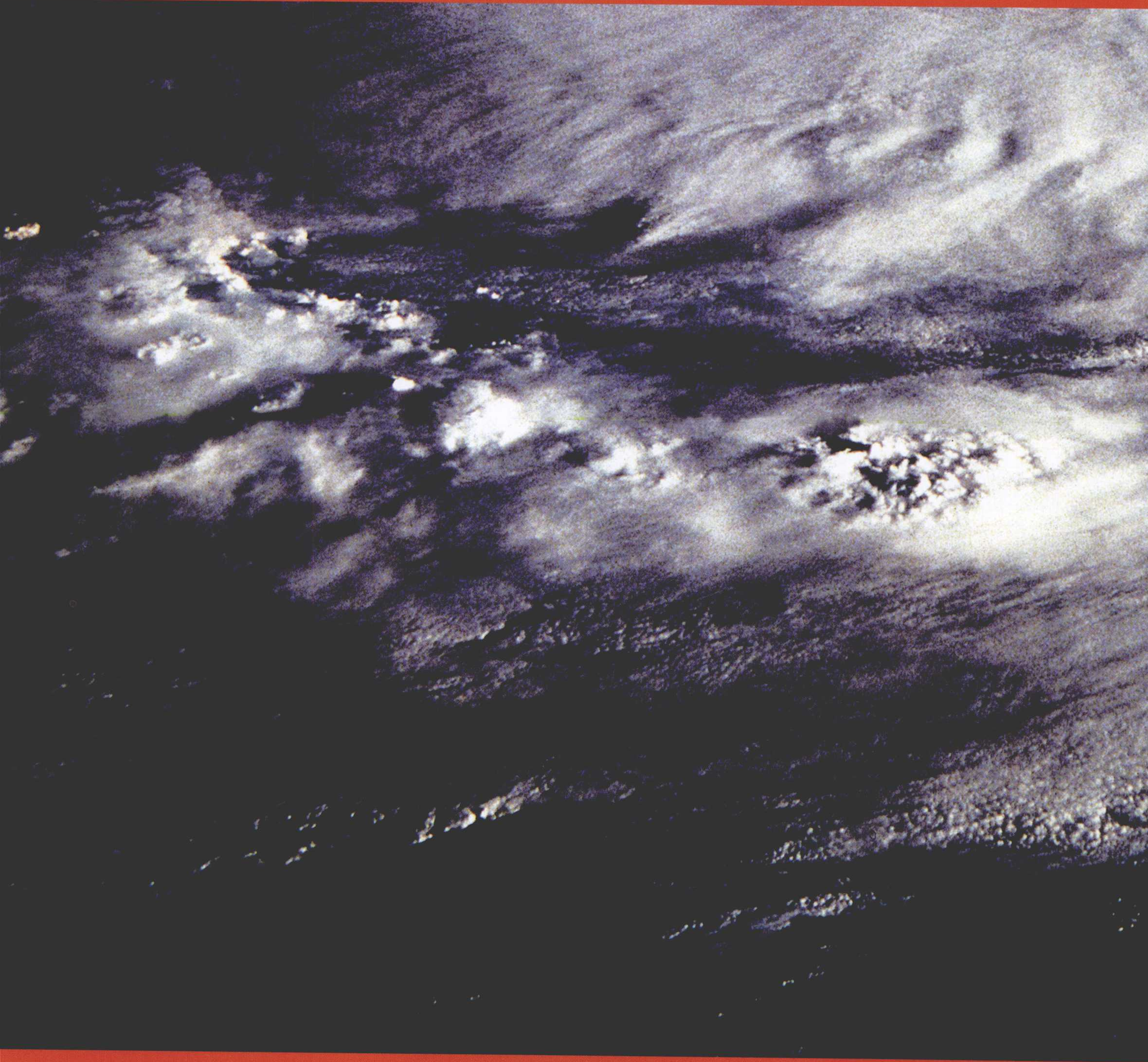
各种海洋物种因食物短缺而死亡，或者必须迁移到其他地区。



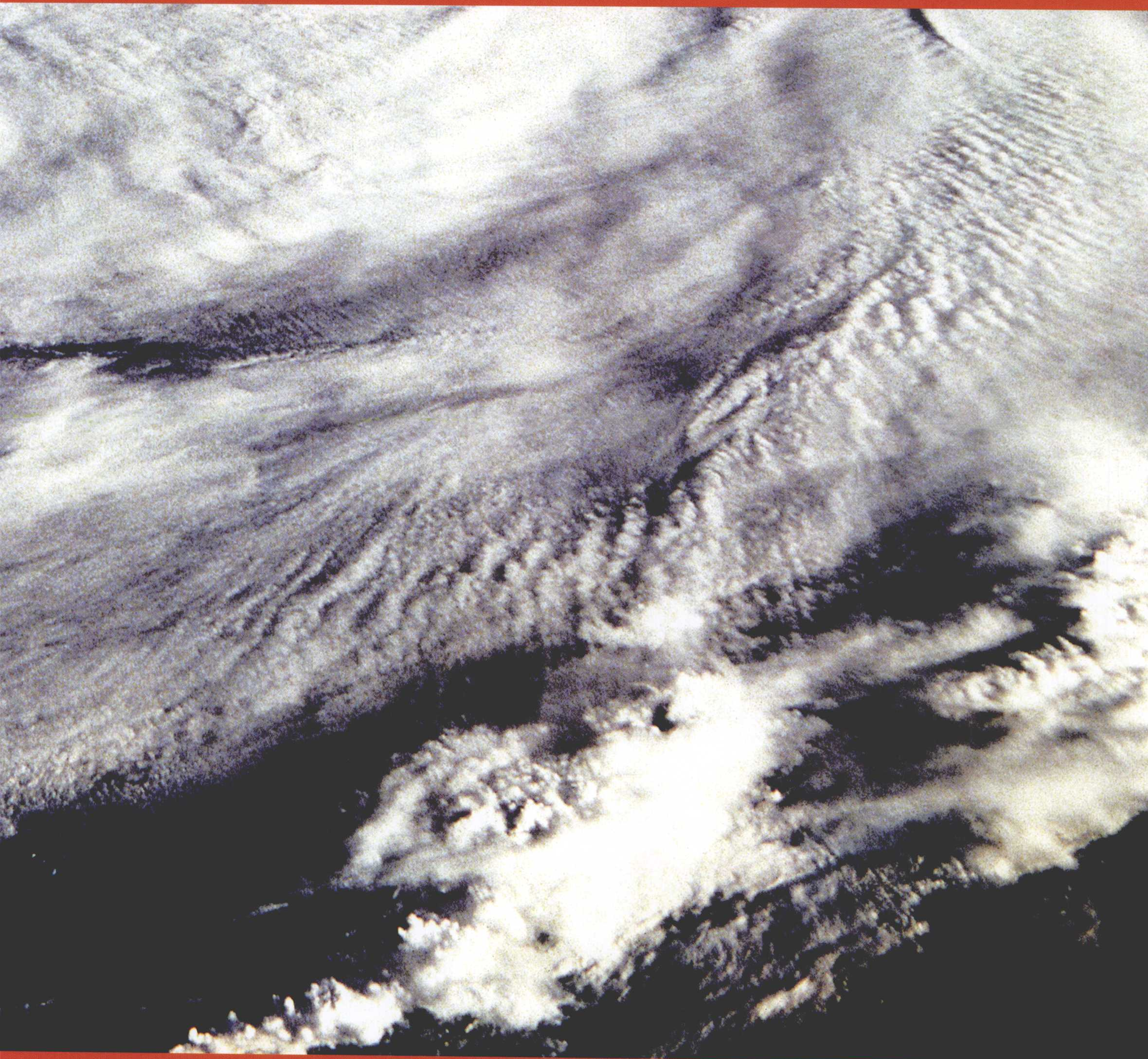
气象现象

飓风警报

这张飓风埃伦娜的图像是1985年9月1日由航天飞机抓拍到的，气象学家可以据此在其到达墨西哥湾之前测算它将会影响的范围。



热带气旋（世界上不同的地方分别将其称为飓风、台风或气旋）会造成严重问题，通常在其所到之处摧毁一切事物。它们将树木连根拔起，损坏建筑物，破坏耕地并造成人员伤亡。墨西哥湾是地球上一直受到飓风侵袭的地区之一。为此，政府当局组织了多次演习，让民众知道



如何做出反应。为了了解飓风如何活动并提高预报的准确性，调查人员需要得到风暴中心的详细信息。使用能够传送清晰图片的人造卫星，对探测和追踪强风提供了极大的帮助，预防了许多灾害的发生。●

多变的形态

云是由大团的水滴或冰晶组成的。空气中的水汽在经过对流层的上升过程中凝结或者结冰，因而形成了云。上升空气的高度和速度决定了云如何形成。云的形态可以分为三类：卷云、积云和层云。根据其在海平面以上的高度还可以分为高云、中云和低云。云具有气象价值，因为它们显示了大气层的活动形态。

云的种类

名称	含义
卷云	细丝状
积云	团块状
层云	层状
雨云	降雨

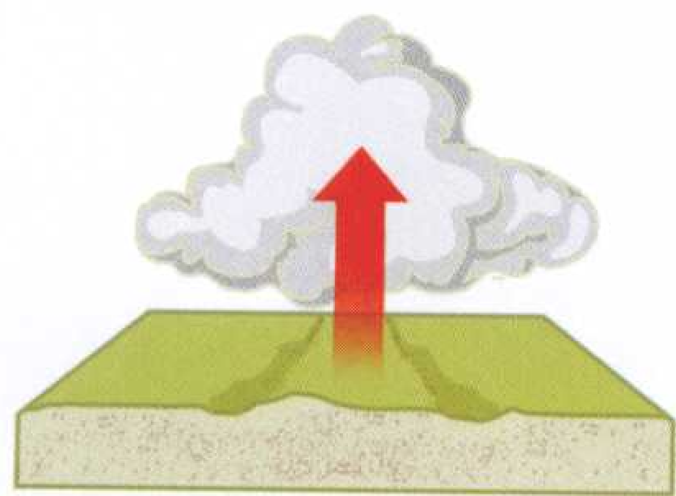


平流层

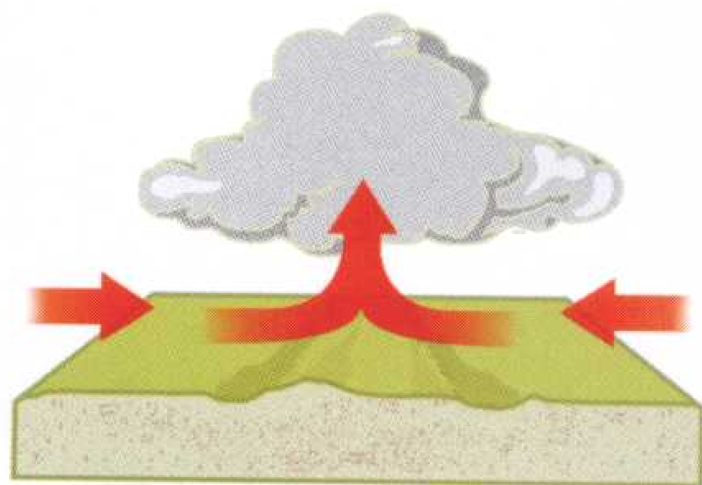
最接近地球表面，在这层会出现各种气象现象，包括云的形成。

如何形成

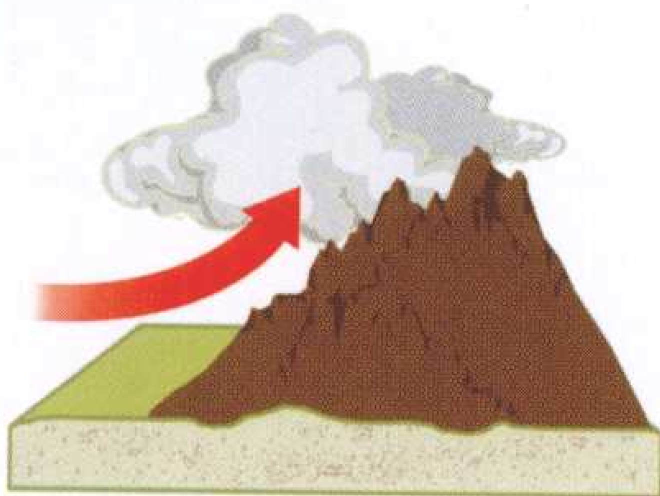
当上升空气冷却，直至无法保留其所含的水汽时，就形成了云。在这种情况下，空气达到饱和，多余的水汽凝结。积雨云是高度可达13 000米，含超过15万吨水的风暴云。



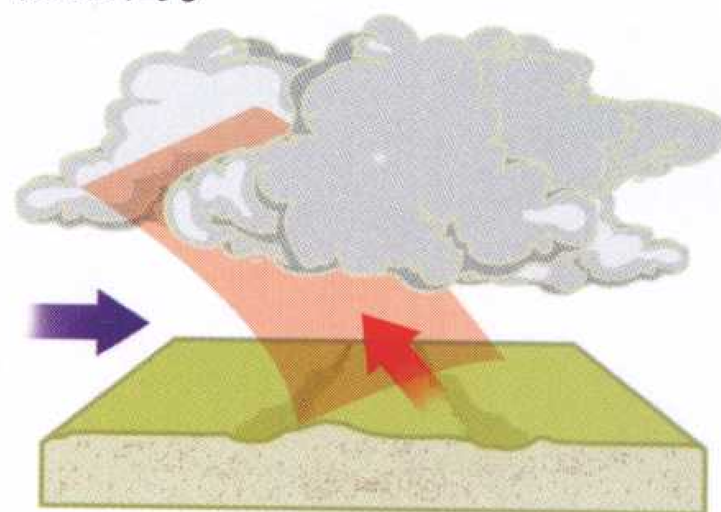
对流
太阳热量加热地面附近的空气，因为它不如周围的空气密度大，这股空气开始上升。



会合
当一个方向的空气遇到来自另一个方向的空气时，就会被抬高。



地理高坡
气流遇到山峰时将被迫上升。这种现象解释了为何山顶经常云层密布，雨水连连。



出现锋面
当温度不同的两股空气在锋面相遇时，暖空气将上升，并形成了云。

对

10 000米

高云

−55℃
这是对流层顶部的温度。

卷层云
面积非常广阔，呈纤维状的透明云幕有时会遮盖整个天空。

4千米

中云

−10℃
这是对流层中部的温度。

积雨云
这是一种风暴云，颜色为白色，预示着将以雨、冰雹或雪的形式出现密集的降水。

积云
积云通常排列密集，轮廓分明，看似一座棉花山。

2千米

低云

10℃
这是对流层底部的温度。

15℃
这是地球表面温度。

0千米

1802年
这一年，英国气象学家卢克·霍华德进行了对云层的首次科学研究。

流　　　　层

卷云
位于高空、呈白色丝缕状、由冰晶组成的薄云。

卷积云
由非常小的颗粒状云块组成，排列大体呈一定规律。

高积云
由成群的圆形云块组成，可呈直线或波浪形排列。

高层云
范围宽阔，呈雾状，云层紧实，厚度均匀，略微分层的团块。高层云并不完全遮挡阳光。呈蓝色或灰色。

层积云
云层横向绵长。不会遮挡阳光，呈白色或灰色。

乱层云
乱层云大多数情况下或多或少地预示了将会以降雨或降雪的形式出现持续降水。

层云
面积广阔的低云，可造成细雨或小雪。层云可呈现为沿地平线方向伸展的灰色云带。

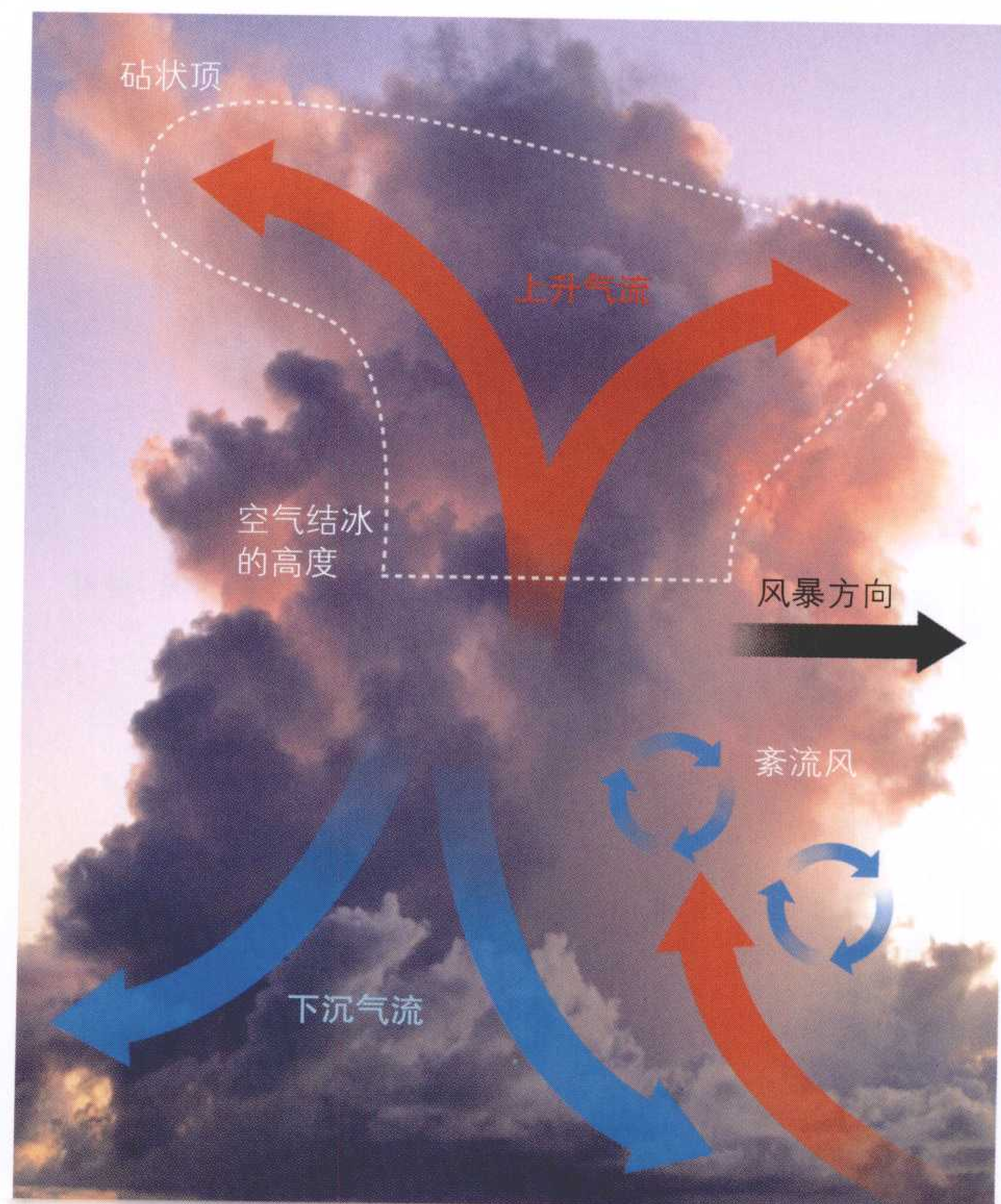
内部

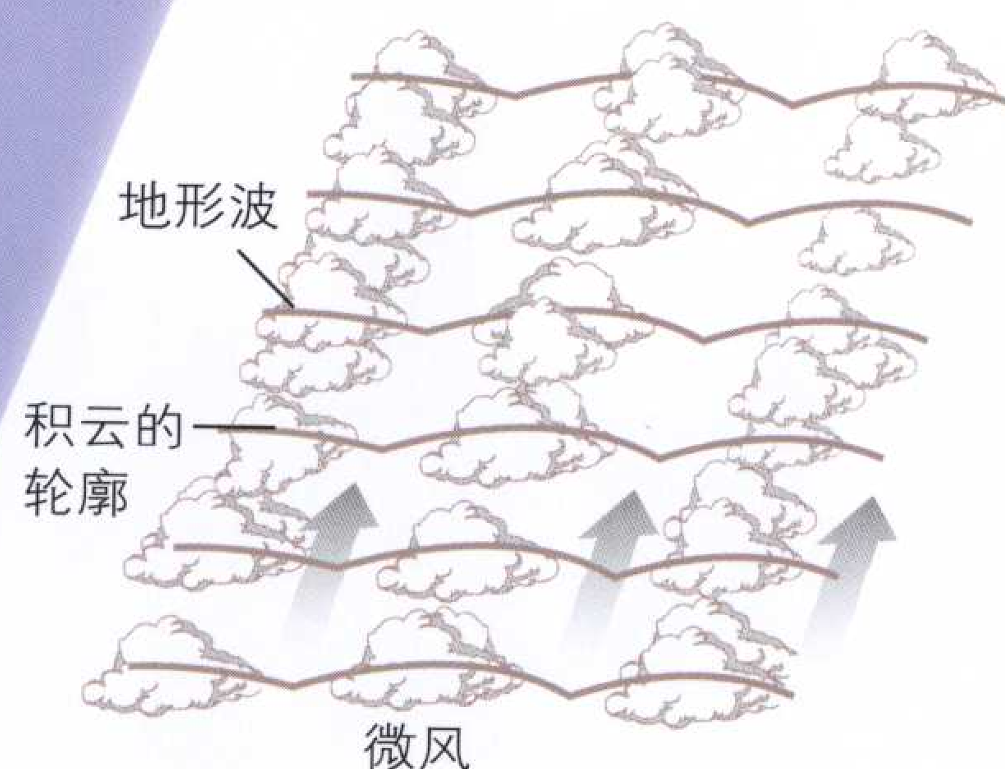


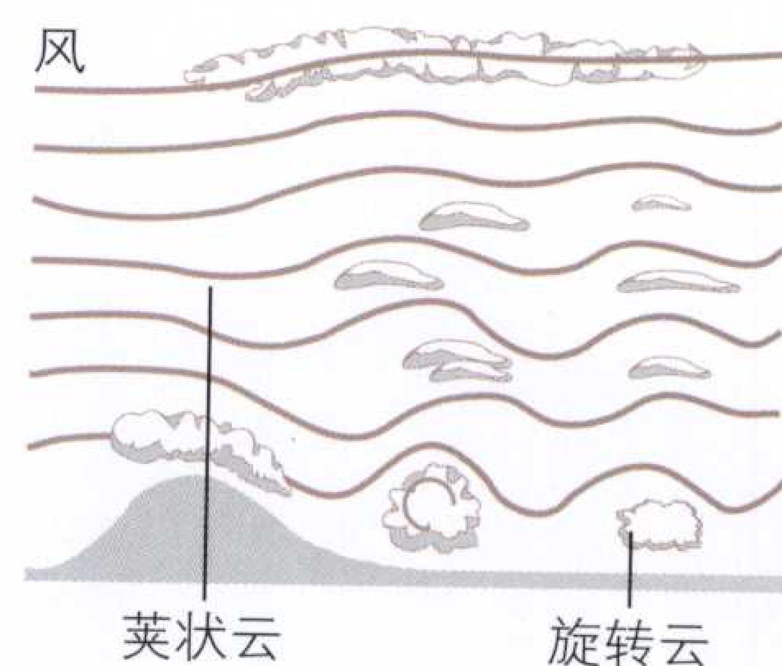
云层所形成的高度取决于空气的稳定性和湿度。最高最冷的云含有冰晶，最低最暖的云含有水滴，另外还有混合云。按照其在海平面以上的高度，可以把云分成10类。最高的云层始于4千米高度，中间的云层位于2~4千米高度，最低的云层位于2千米高度。

风暴云的厚度为
2~8千米。

风暴云的储水量可达
15万吨。







特殊形态

云街
云的形态取决于风及其下方的地形。微风通常使积云像沿着街道那样排列。云的这种波动曲线也可能是因表面热量的差异而形成的。

荚状云
山脉通常在其下风向的大气中形成地形波，在每个地形波顶部形成被地形波固定的荚状云。旋转云是由地面附近的湍流形成的。

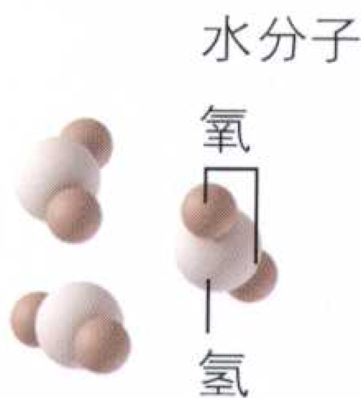
降雨来临

云里面的空气一直处于运动当中，这个过程使构成云的水滴或者冰晶相撞并融合。在此过程中，水滴和冰晶变得体积过大，以致气流无法承载，便以不同的降水形式落到地面。雨滴的直径比云中小水滴的直径大100倍。降水的类型取决于云是含有水滴还是冰晶，或两者兼有。根据云的类型和温度，降水可以是液态的（雨），或者固态的（雪或冰雹）。

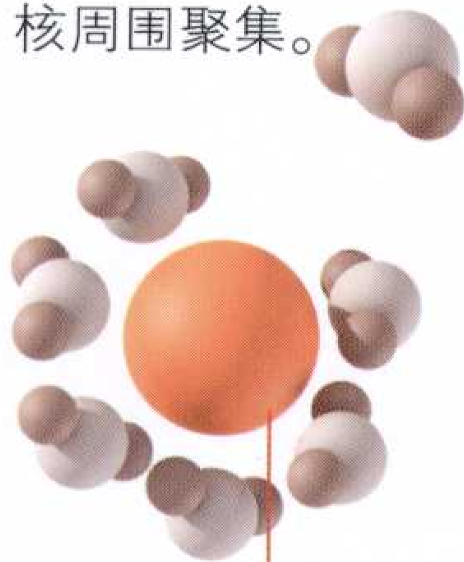
1 凝结核

水分子在对流作用下上升时附着在盐、尘埃、烟和花粉等颗粒的表面，它们互相结合形成水滴。

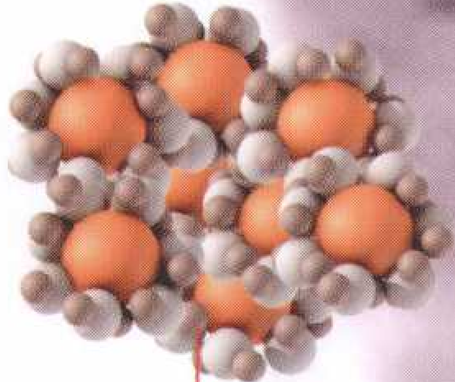
A 膨胀
水分子是自由的水汽。



B 凝结
水分子在凝结核周围聚集。



C 相撞-凝聚
通过这个过程，水分子相撞形成水滴。



2 增大

小的云块相互连接形成大的云块，体积和厚度增加。

0.5 毫米

冷凝高度

沙尘暴颗粒

森林大火烟尘颗粒

工厂和车辆燃烧燃料产生的颗粒

火山灰颗粒

岩石风化颗粒

海盐颗粒

3 成熟

成熟的云层具有极强的上升气流，形成突起和圆形，并出现对流。

7千米

-30℃

空气冷却下沉，然后温度再次升高，如此循环往复。

空气冷却，水汽凝结形成小水滴。

1~2千米

20℃

热空气上升。

0千米

4 降雨

云的上端呈砧状散开，雨水从云的下端降落，形成下沉气流。

10千米

砧状

风暴云

凝聚
小水滴继续相撞，形成更大的水滴。

更重的雨滴成为细雨落到更低的云层。

1毫米

2毫米

5 消散

下沉气流比上升气流强劲，阻断了空气的不断补充，促使云层消散。

低矮稀薄的云层中包含极小的水滴，因此形成降雨。

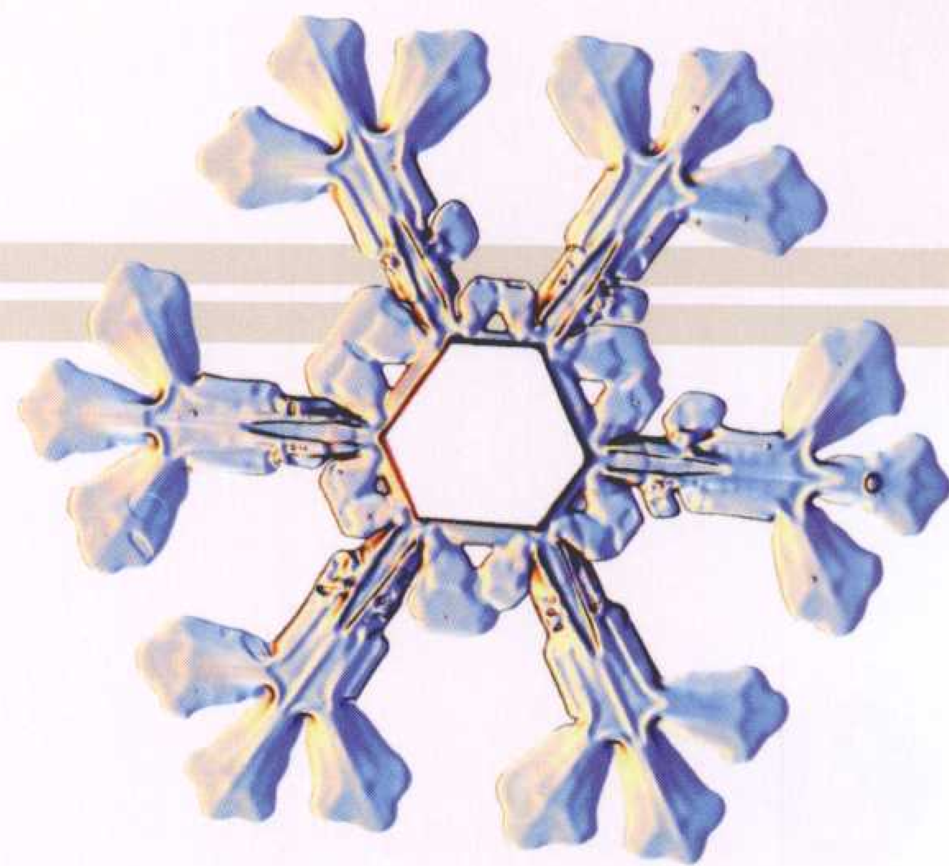
当雨滴开始降落时，其直径约为0.5 毫米，在降落过程中雨滴由于分裂而变小。

5毫米

1毫米

26 875万亿

正常大气条件下，1立方毫米大气中含有26 875万亿个水分子。



6 雪

细小的冰晶在气温达到−20℃时结合成六角星形的冰晶或雪花。

A 冰晶是如何形成的

水滴附着在凝结核或固体颗粒表面。



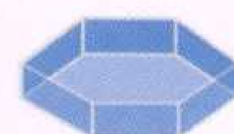
水滴表面结成冰



B 冰晶结合形成雪花。

C 如果水滴在临近结冰点形成冰晶，就会变成冻雨降落下来。

冰晶类型









世界上没有两片完全相同的雪花。

大多数雪花在到达地面之前就分解了，只有当地面附近空气非常冷时，才以雪花的形式降落到地面。

3.11米

这是美国华盛顿州雷尼尔山从1971年2月19日到1972年2月18日的年降雪记录。

水汽凝结体

大气中凝结或冻结的水滴被称为水汽凝结体，包括雨、雾、冰雹、薄雾、雪或霜。

露珠

水汽在夜间凝结成的极小水滴。此类凝结发生在诸如植物、动物或建筑物等夜间辐射热量的物体表面。

形态各异

冰晶的形态各异，大多数呈六角形，不过也有三角形和十二角形的，它们在平面内都呈六角对称。还有的是立方晶体，但只有在对流层最高处温度极低的情况下才能形成。



大部分为
六角形

雪花大小在
1~20毫米

A 垂直气流造成小水滴上升，然后在云中下沉。

B 小水滴结冰，每次被带回到高处云层，就会新结上一层冰。这一过程被称为撞冻，它增加了冰雹块的体积。

极小的冰雹（直径为5毫米或更小）被称为小霰粒。

C 当冰雹的重量超过上升气流的承受范围时就会降落到地面。

略微呈绿色的云或者颜色发白的雨都预示着雹暴即将来临。

上升暖气流

7 冰雹

呈固体冰块形式的降水。冰雹在风暴云中形成，冻结的小水滴在这种云中升降时体积变大。

冰雹的横截面



一般冰雹的大小为
5~50毫米

1千克

最重的冰雹

1986年4月14日降落在孟加拉国戈巴尔干尼。

-3℃
空气温度

0℃
露点

5℃
地面温度

霜

当空气露点低于0℃时形成霜。水汽沉积在物体表面直接变成冰。

白霜

类似于霜，但比霜更厚。通常在雾天形成。

迷失雾中

大气中的水汽在地面附近凝结时会形成雾和轻雾。雾是由与烟尘颗粒混合的小水滴形成的。从实质上来说，雾就是一片云，但是两者的区别在于其形成。空气上升冷却形成云，而雾是由于空气与地面接触，温度下降、水汽凝结而形成的。这种大气现象使能见度减少为不足1.6千米，影响地面、海洋和空中交通。轻薄的雾被称为霭。在此情况下，能见度降为约3.2千米。逆温雾有点类似于辐射雾，是热空气在地表附近捕获了冷气团。地形雾，或称上坡雾，则因潮湿气团随海拔高度上升变冷而形成。

地形屏障
雾在高海拔的背风山坡形成，当空气湿润度达到饱和时出现。

50 米

最浓的雾使能见度降为约50米，影响车辆、船只的行驶和空中交通。在许多情况下，能见度甚至可能为零。

4.
地形雾

露水
物体上的水汽凝结，此类物体散发的热量足以使其温度达到露点以下。

雾和能见度

能见度是衡量观察者在一定范围内透过大气观察物体的能力的标准。能见度以千米为单位，表示由于大气中出现雾、轻雾、灰尘、烟雾或者各种类型人为或自然降水造成的视觉限制。各个级别的雾的浓度会对海洋、陆地和空中交通造成不同影响。

浓雾 **大雾** **雾**







受能见度影响的交通工具



50米 200米 1 000米 2 000米

雾的类型

在寒冷的夜晚，陆地散发白天吸收的热量，会形成辐射雾。当降落的水的温度高于周围空气的温度时，就形成锋面雾，这时雨滴蒸发，空气变得饱和。这些雾浓厚持久。暖湿空气吹过寒冷的地表，以致空气中的水汽凝结，则形成平流雾。

1. 辐射雾
这种雾只在地面出现，是由于地球表面辐射冷却造成的。



2. 锋面雾
在暖峰前方形成。



3. 平流雾
当相对温暖的潮湿气团经过比空气温度更低的表面时形成。



空气在上升时变得饱和。

上升空气

暖空气

静止的雾

高海拔陆地

风

轻雾
轻雾是由盐粒和其他裸眼无法观察到的干燥颗粒组成的。当这些颗粒的浓度非常高时，我们所看到的物体的清晰度、颜色、质地和形状将变得模糊。

逆温雾
当暖湿气流吹过海洋或湖泊冰冷的水面时会形成逆温雾。水使暖空气冷却，空气中的湿气凝结成水滴。暖空气将冷却的空气囚禁在其下方靠近地面的地方。高海拔的沿岸陆地使这种雾无法渗透到内陆很远的地方。

3 000米

10 000米
（正常能见度）

闪 电

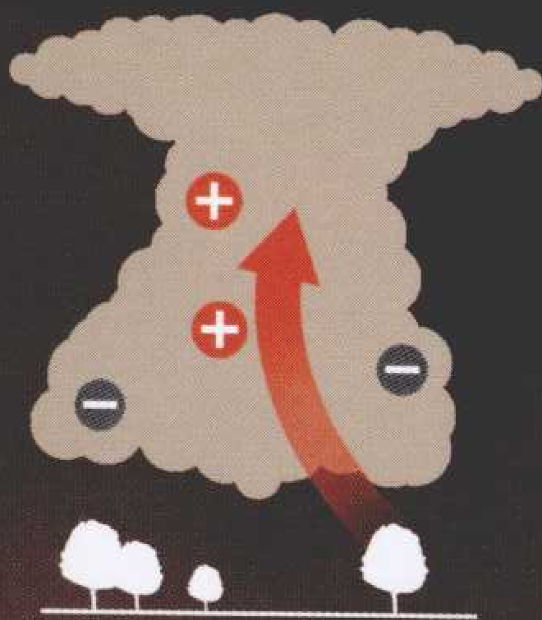
雷暴在大片积雨云中产生，通常带来暴雨和雷电。风暴在低气压区形成，那里空气温暖，大气密度比周围低。在云里面，大量电荷聚集，然后在云与地面之间、云与空气之间以及云层之间以Z字形闪电释放出来。而在释放电荷的过程中释放出来的热量造成空气膨胀挤压，这就是雷。



雷
这是空气在迅速膨胀时发出的声音，在温度升高时产生冲击波。

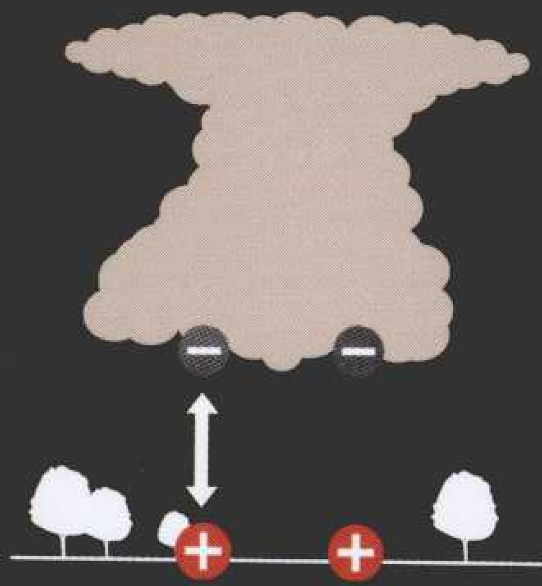


1. 产生
闪电在大块的积雨风暴云中产生，带有正电荷或负电荷。



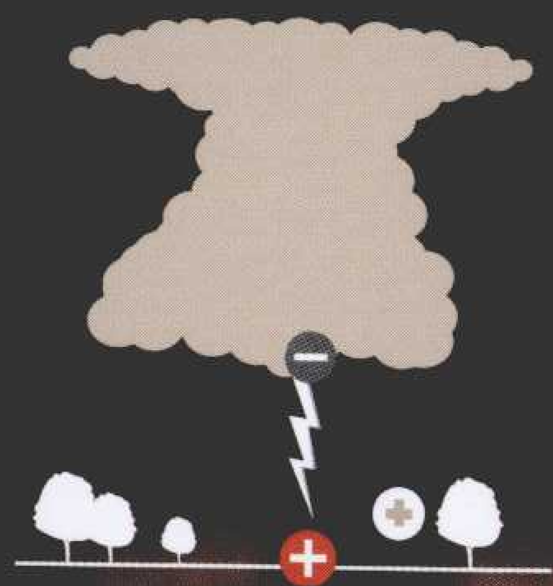
2. 云层内部
冰晶或冰雹晶体碰撞产生电荷。热气流上升，导致云中的电荷转移。

分离
电荷开始分离，正电荷聚集在云的顶部，负电荷在云的底部聚集。



3. 电荷
云中的负电荷被地面的正电荷吸引，两个位置之间的电势差异形成了电荷的释放。

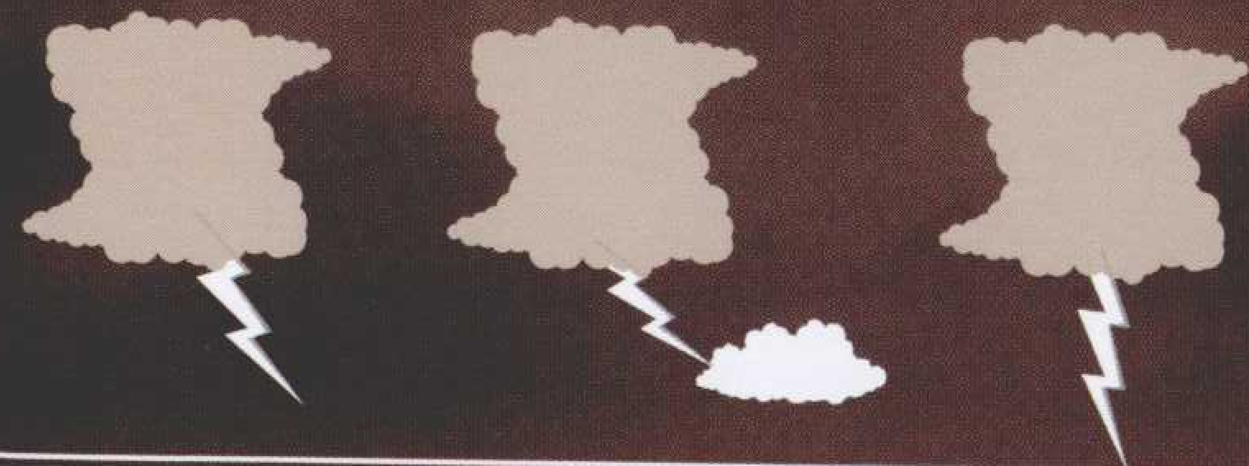
感应电荷
云层底部的负电荷与地面的正电荷互相感应。



4. 释放
在电离空气的通道——梯级先导传向地面之后，电荷从云层向地面释放。

闪电的类型

可以根据产生闪电的电荷经由的路径，对闪电进行分类。



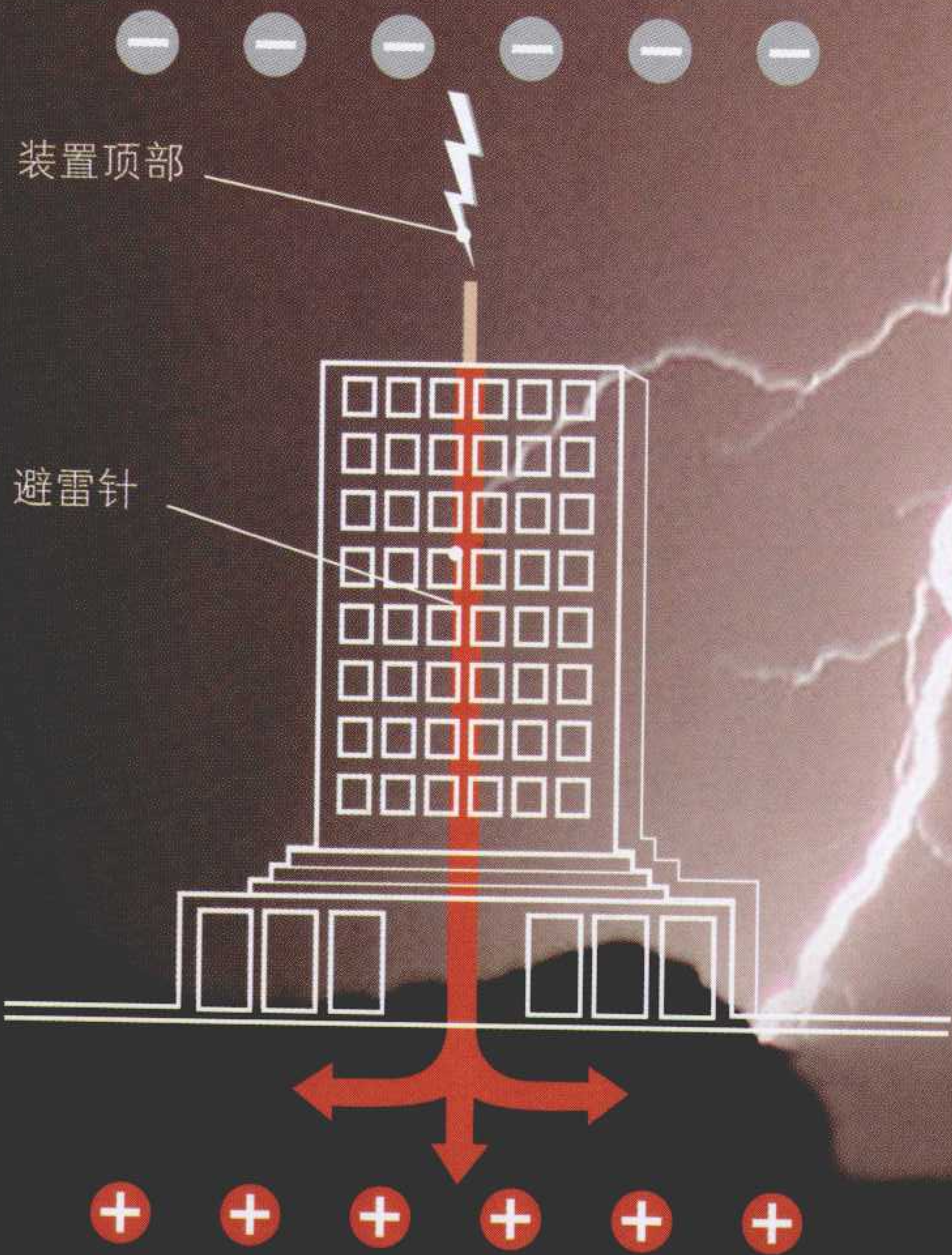
云-大气
电流在云层中向带有相反电荷的气团移动。

云-云
在同一云团内带有相反电荷的区域之间或带有相反电荷的两个云团之间产生。

云-地面
云中的负电荷被地面的正电荷吸引。

避雷针

避雷针的主要作用是加速静电的释放，通过它静电能够沿电阻最小的路径被释放。



避雷针是一种用来吸引闪电并将电荷导向地面释放的装置，从而避免由闪电造成的建筑物损坏和人员伤亡。本杰明·富兰克林的一次著名试验促使了该装置的发明。在一次闪电风暴中，他将一只风筝放飞到云中，风筝接收了强烈的电流释放，这标志着避雷针的诞生。避雷针是一根金属杆，它被放置在要保护的物体的最顶端，并通过外表绝缘的金属导体与地面连接。避雷针有一个或多个尖头，它的原理是吸引闪电电流并将其传导向地面。



20 米

这是闪电对地球表面的有效半径。

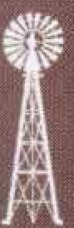
闪电的速度为

140 000千米/秒。



闪电的电势能为

1亿伏。



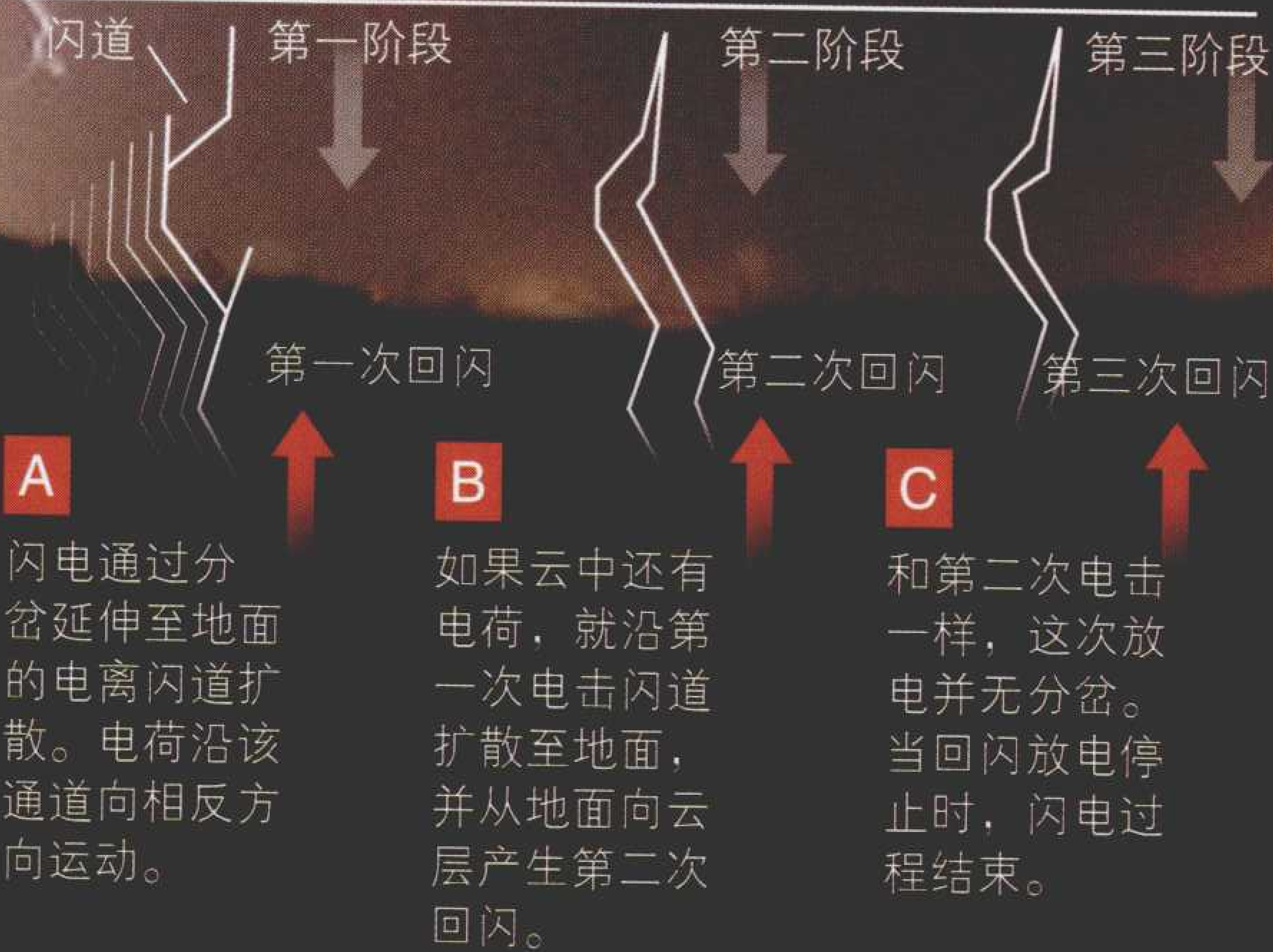
风车产生200伏的电量。



一个灯泡需要的电压为110伏。

5. 回闪

在最后阶段，电荷从地面沿闪道向云团上窜。



A 闪电通过分岔延伸至地面的电离闪道扩散。电荷沿该通道向相反方向运动。

B 如果云中还有电荷，就沿第一次电击闪道扩散至地面，并从地面向云层产生第二次回闪。

C 和第二次电击一样，这次放电并无分岔。当回闪放电停止时，闪电过程结束。

雨水汇集

水是生命存活的关键要素，但是水量过多则对人类及其经济活动造成严重影响。当通常干燥的某些地区较长时期被雨水浇灌就会出现洪水。造成洪水的最重要的原因是雨水过多，河流和湖泊泛滥，以及巨浪侵袭沿岸地区。这些巨浪可以由海面强风造成的高潮引起，或者由海洋中的地震引起。高墙、堤防、大坝和围栏被用来抵御洪水。●

洪涝地区

当土地连日连月地遭受洪灾时，土壤中的空气就会被水替代，阻碍了氧气的形成，因而影响到植物和土壤本身的生物活动。在对土壤造成影响时，如果水中没有足够的盐分，有机物未得到充分的分解，加上营养物质被大量冲散，土壤的酸性就会增加。如果水中含有大量盐分，这些盐会留在土壤中，这将造成另一个问题：盐渍化。



泛滥平原

泛滥平原是指靠近河流或溪流，周期性地被水淹没的地区。

减少

土壤中被氧化的成分会减少，从而改变了土壤的特性。

控制洪水

随着堤坝和围栏的建造，易发生洪灾的河流很多得到遏止。

堤坝
土筑堤坝可以帮助遏止容易泛滥和临时改变河道的河流。

风暴堤
在沿岸低洼和易遭洪灾的地区建造防护堤坝，抵御高潮和巨浪。

暴雨

由低气压系统、不稳定气团和高湿度造成。

暴雨 增加了河流和河床的水面高度。

雪 增加河流的流量。

能够渗透到被松树覆盖的河谷山坡的雨水较少或基本没有。

干流

支流

低洼地带 干流无法容纳流量增加的支流。

被水淹没的房屋和树木

河流的自然河道

250 000人

在1970年发生在孟加拉国孟加拉湾的洪水中受灾。

变压器 用来改变电流的电压的设备。

大坝 在河床外储水，以改变水流方向或调节水量。

过滤装置 阻止在用于发电的水中通过不需要的物质。

水库水位升高

水电站

利用水流的力量和速度推动涡轮旋转来发电的设施。水电站有两种：径流式（利用水流的自然动能）和水库式（水在大坝后聚集，然后在不断增加的压力作用下流向发电站）。

输电线路

发电机 将旋转涡轮的机械能转为电能的发电设备。

雨水匮乏

在沙漠地区，由雨水缺乏造成的干旱极为常见。而在干旱、半干旱和半湿润地区，气候变化导致土壤数周、数月或数年连续退化，就会导致荒漠化。造成这种现象的原因是，高气压中心停留在某个地区的时间比正常时更长。土壤能够忍受一定时期的干燥，但是当地下水位急剧下降时，干旱就会变成一种自然灾害。●

A 降雨

由（低气压）气旋气流产生。

1 饱和的土壤

降水带来的水分可能会超过土壤能够吸收的量，水向含水层下沉。



2 气象干旱

当降水量大大低于该地区的正常水平时就会出现气象干旱。这种情况一般是与该地区的平均降水量进行比较而决定的。

最干燥的地区

即沙漠地区，如智利北部的阿塔卡马沙漠，从1903年至1917年没有降过一滴雨水。

100年

非洲的萨赫勒地区已经经受了如此长时间的具有破坏性的干旱期。

图例

● 降水无法保证农作物正常生长和丰收的地区。

美国
1933—1937年
形成干旱尘暴区。
1962—1966年
影响东北部各州。
1977年
在加利福尼亚州施行定量配给供水。

英国
1975—1976年
降水量不足平均水平的50%。

萨赫勒

印度
1965—1967年
干旱造成150万人死亡。

澳大利亚
1967—1969年
发生众多森林火灾。

3 田间持水

当水流经地表后，土壤保持一定的湿润度。田间持水量决定了即使在气象干旱情况下，土地是否还能继续从土壤颗粒间吸收已有水分。

固体颗粒

毛细水

4 枯萎

当土壤上层的水分不足时就会引起枯萎。

固体颗粒

空气

B 高气压

一个高气压中心，或反气旋，比平时更加稳定，造成该地区的异常气候状况。

C 干旱

高气压中心使湍急气流偏离轨道，阻止了降雨。干旱期开始了。

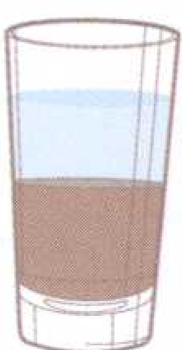
高气压区域

吸湿水

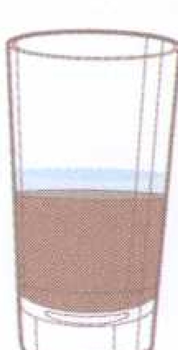
固体颗粒

土壤中水的比例


水量过多（饱和）


饱和点（田间持水量）


枯萎等级



吸湿系数（最少量的水）

5 农业干旱

当土壤湿度仅能达到吸湿水平（土壤颗粒表面湿润）时，就没有可供农作物生长所需的水分了。

致命的力量

龙卷风是自然界破坏力最强的风暴，它由雷暴产生（或者有时由飓风造成），是外观呈从天空延伸至地面的漏斗形强旋风。在这种风暴中，移动的大气与土壤及其他物体混杂在一起，旋转速度可达480千米/小时。它们能将树连根拔起，毁坏房屋，将原本不具危险性的物体变为空中致命的抛射物。一场龙卷风可在几秒钟之内摧毁整个街区。

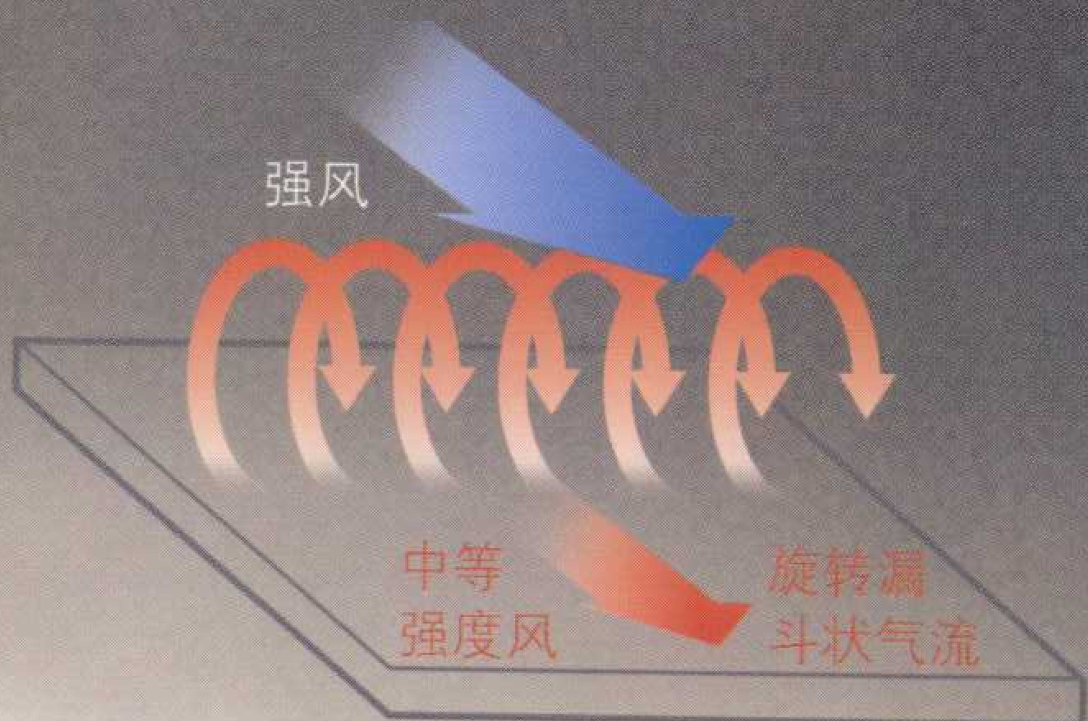
如何形成

当积雨云中的暖气流上升，并开始在云的顶部受风力作用旋转时，就开始形成龙卷风。从空气柱的底部，空气被吸入不断旋转的螺旋空气柱内部。空气在接近空气柱中心时，旋转速度加快，这就增强了上升气流的力量，空气柱继续扩大直至从云端高处延伸至地面。由于龙卷风的爆发时间很短，很难对其进行研究和预测。

顶端
龙卷风的顶端仍在云中。

龙卷风能够达到的高度为
10 千米。

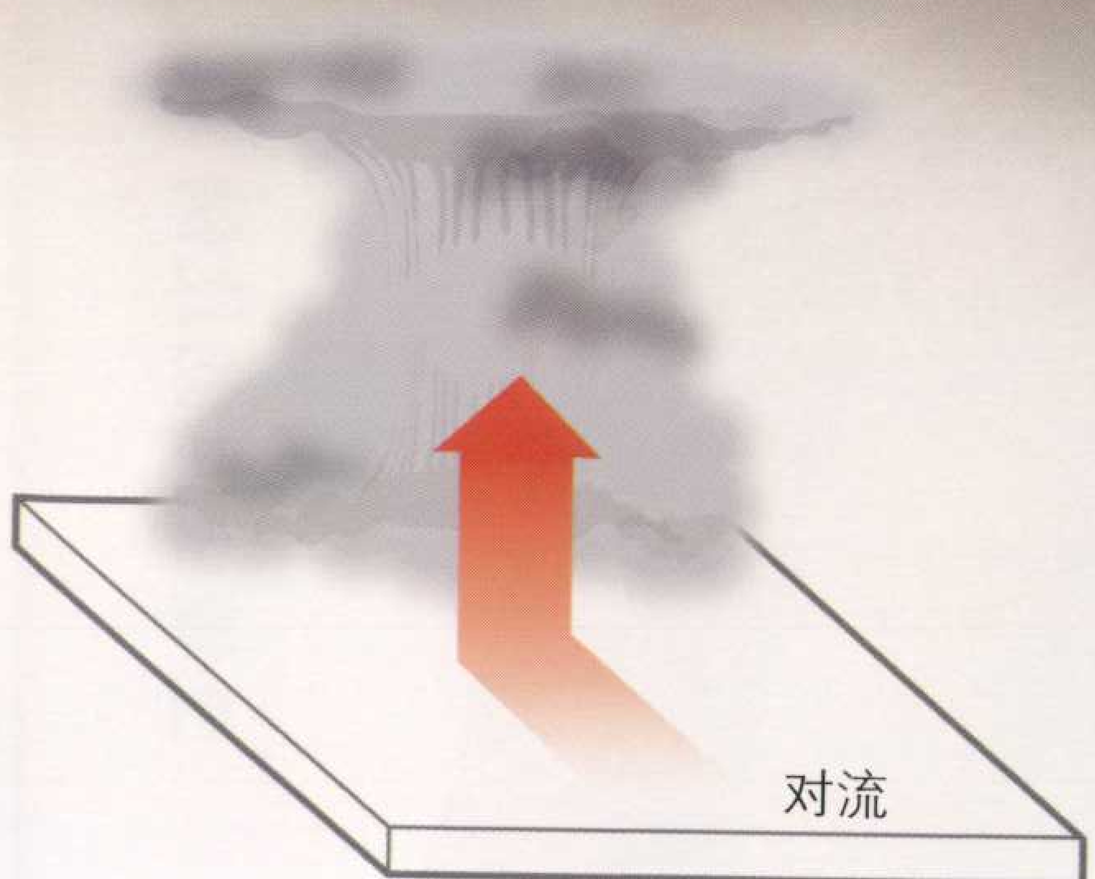




1.
龙卷风起始
当若干股风相遇时，造成空气在南半球沿顺时针旋转，而在北半球以反方向旋转。



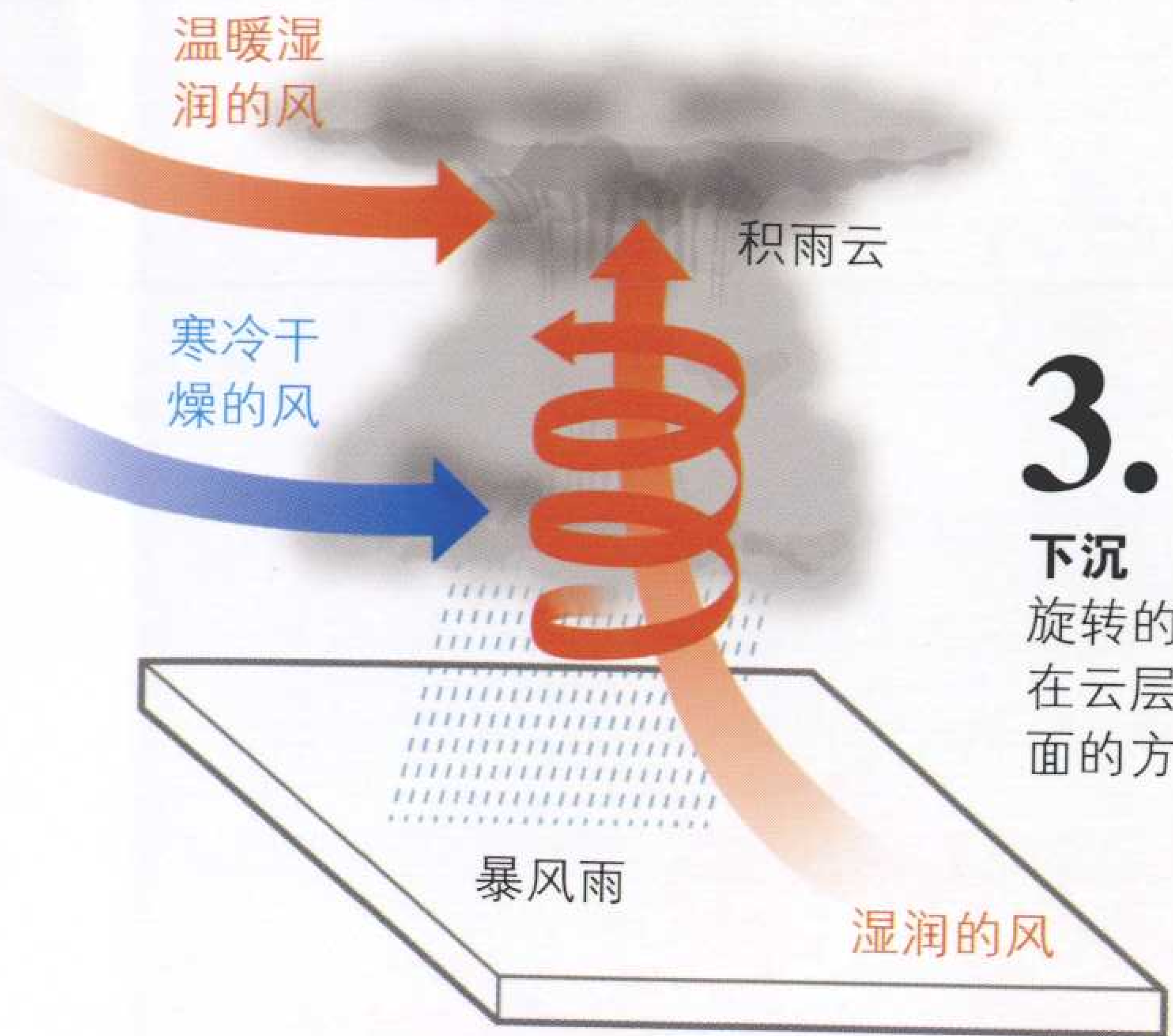
龙卷风能达到的最高速度为
480千米/小时。



2.
旋转
空气循环造成风暴中心的气压降低，形成了中心空气柱。

漩涡
龙卷风下端的空气柱，会形成引起狂风并将空气吸入其中的漏斗。它经常带有暗沉的从地面吸入的尘土的颜色，但有时肉眼无法看到。

多个漩涡
一些龙卷风有许多个漩涡。



3.

下沉

旋转的中心空气柱继续在云层中下沉，向着地面的方向穿透云层。

4.

结果

龙卷风到达地面，根据其强度大小，有可能将屋顶掀翻。

旋风

首先出现的能够触及地面的漏斗云。

路径

通常龙卷风穿越的路径不会超过50~100米宽。

龙卷风通常从西南方吹向东北方。

一些龙卷风极为强劲，能将房屋连根拔起。

何时何地发生

大多数龙卷风出现在农村地区。春夏两季的湿度和热量是形成龙卷风所必需的条件。作物的生长需要四季交替带来的湿度和温度变化。



1 000多次

美国每年平均出现1 000多次龙卷风。

15:00~21:00

一天当中最有可能形成龙卷风的时段。

200 千米

这是龙卷风席卷地面的距离长度。

藤田级数

藤田级数也称F级数，是由日裔美国气象学家藤田哲也提出的，根据龙卷风造成的损害程度对其进行分类，级别从低到高排列。

风速（千米/小时）	64~116	117~180	181~253	254~332	333~418	420~512
级别	F0	F1	F2	F3	F4	F5
影响	损坏烟囱，折断树枝。	移动房屋被从其地基上拉开。	毁坏移动房屋，刮倒树木。	推倒屋顶和墙壁，掀翻汽车和火车。	使坚固的墙壁倒塌。	房屋被连根拔起，并被拖向远处。

死亡和破坏

每年都会有1 000多次龙卷风席卷美国，其中三州龙卷风是最具破坏性的龙卷风之一。它发生于1925年3月18日，横扫密苏里州、伊利诺伊州和印第安纳州，摧毁了大片房屋，造成严重破坏。经确认有695人丧生，但人们认为实际死亡人数远远超过这个数字。这次龙卷风以平均105千米/小时的速度穿越了368千米，持续时间长达3小时30分钟，达到历史最高记录。根据藤田级数将其定为F5级——破坏性最强的龙卷风之一，给美国造成了1 700万美元的损失。



密苏里州（美国）

北纬 37°
西经 93°



藤田级数	F5
持续时间	3小时 30分
平均风速	105千米/小时



密苏里州

13:01
首次接触地面

埃灵顿
第一个受影响的小镇，**1人死亡。**

115千米/小时

雷德福德镇
受到龙卷风袭击

107千米/小时



安纳波利斯和莱德纳
大批人口受灾，**75人受伤，2人死亡。**

90% 被毁

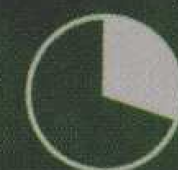
佩里
大量房屋被毁

96千米/小时

100% 被毁

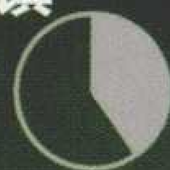
戈勒姆镇
被毁，**34人死亡。**

30% 被毁



迪索托
部分被毁，但受灾人口众多，**69人死亡。**

墨菲斯伯勒镇
死亡人数最多，达**234人。**



40% 被毁



伊利诺伊州

美国的龙卷风

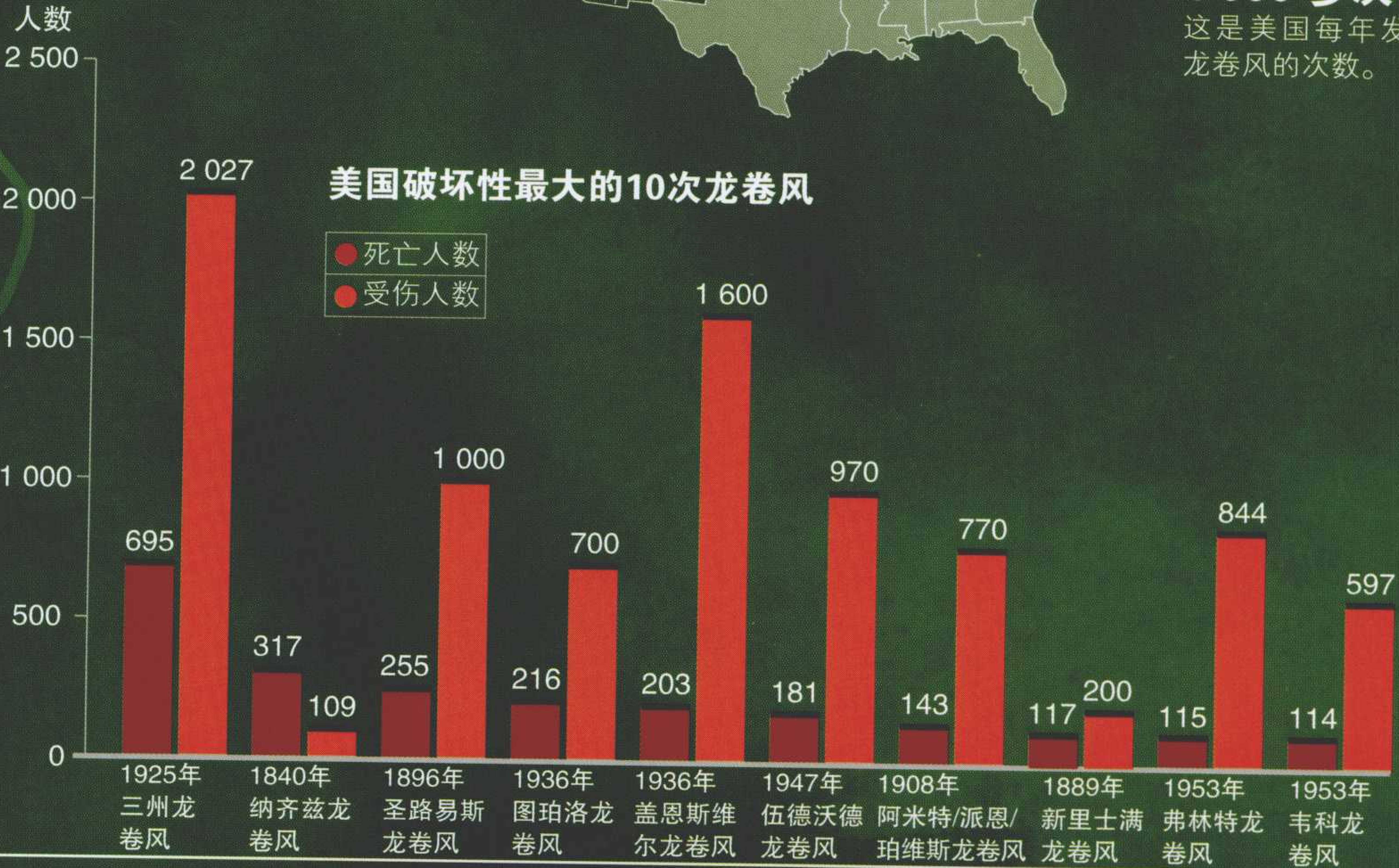


飓风是主要影响墨西哥湾的热带风暴，而龙卷风则是出现在美国大平原、落基山脉和墨西哥湾的自然现象，通常在春夏两季出现。



15:00~21:00
是一天当中最容易出现龙卷风的时段。

1 000 多次
这是美国每年发生龙卷风的次数。



龙卷风	死亡人数	受伤人数
1925年三州龙卷风	695	2 027
1840年纳齐兹龙卷风	317	109
1896年圣路易斯龙卷风	255	1 000
1936年图珀洛龙卷风	216	700
1936年盖恩斯维尔龙卷风	203	1 600
1947年伍德沃德龙卷风	181	970
1908年阿米特/派恩/珀维斯龙卷风	143	770
1889年新里士满龙卷风	117	200
1953年弗林特龙卷风	115	844
1953年韦科龙卷风	114	597

印第安纳州的格里芬一片狼藉。

15 000
栋房屋被毁。

1 700万
美元损失。

解析飓风

飓风发生时伴随着狂风、云堤和暴雨，是地球上最触目惊心的气候现象。它的特征是螺旋形的云带包围着强烈的低气压中心。在南半球，云带围绕着飓风眼顺时针旋转，而在北半球，则逆时针旋转。龙卷风时间较短且范围相对有限，而飓风移动速度慢且范围广阔，所到之处通常造成较大的人员死亡。●



第1天
形成多个云团。



1. 出现
在反向风、高温、湿度和地球自转的推动下，在温暖的洋面上形成。



北半球的飓风逆时针旋转，而南半球的飓风顺时针旋转。

风暴云的边缘 围绕中心区快速旋转。

飓风眼 中心区，气压极低

下沉气流

空气缠绕着飓风眼。

螺旋形的云带

风眼墙 形成最强的风。

水汽 从海洋上升的温暖水汽，形成云柱，在风暴中心上升到1 200米高。

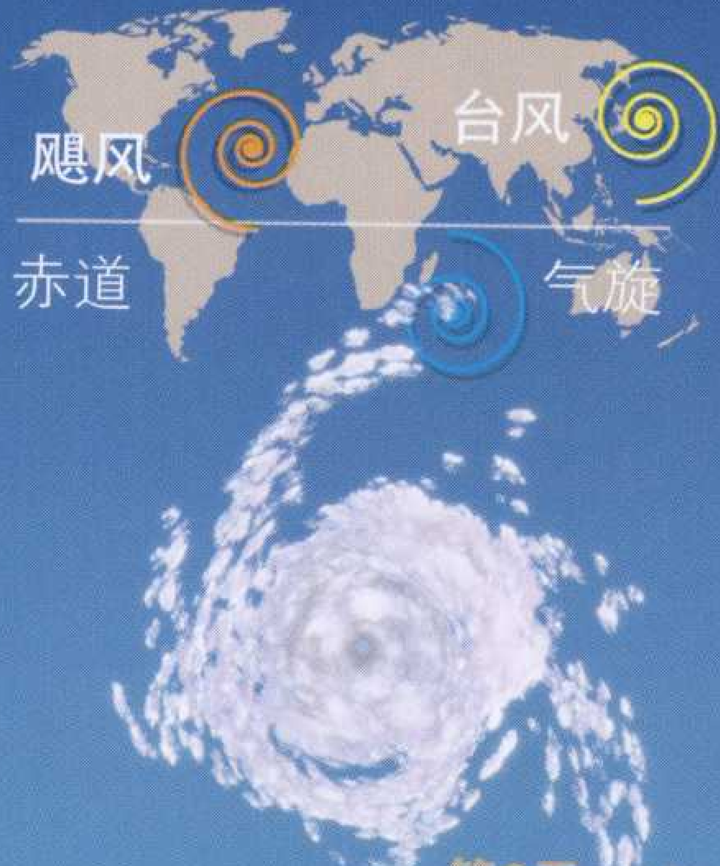
强劲的上升气流

27℃ 这是能够维持热带气旋的最低海水表面温度。

信风被拖向风暴中。

第2天
云团开始旋转。

第3天
形成更加明显的螺旋形态。



危险地区

在美国，容易受到飓风影响的地区包括从得克萨斯州到缅因州的大西洋海岸和墨西哥湾海岸。加勒比海和西太平洋热带地区，包括夏威夷、关岛、美属萨摩亚和塞班岛，也是频繁遭受飓风侵袭的地区。

第6天
已经成熟，出现明显的风眼。

第12天
飓风在着陆时开始消散。

2. 发展

开始上升，绕着一个低气压区螺旋形旋转。

飓风靠近海岸时的速度为

30千米/小时。

3. 消散

当飓风从海洋到达陆地时，将造成巨大的灾害。由于水汽不足，飓风在登陆后逐渐消散。

摩擦力

当飓风登陆时，移动速度减慢。这一阶段的飓风极具破坏力，因为它已经到达人口密集的城市所在地。

高海拔的风从风暴外部吹来。

飓风的路径



28米

海浪到达的最大高度。

1
2
3
4
5

造成损害的分类

萨菲尔—辛普森飓风等级

	损害	速度（千米/小时）	浪高（米）
1级	最小	119~153	1.2~1.5
2级	中等	154~177	1.8~2.4
3级	扩大	178~209	2.7~3.6
4级	极端	210~250	3.9~5.4
5级	灾难	大于250	大于5.4

风的活动

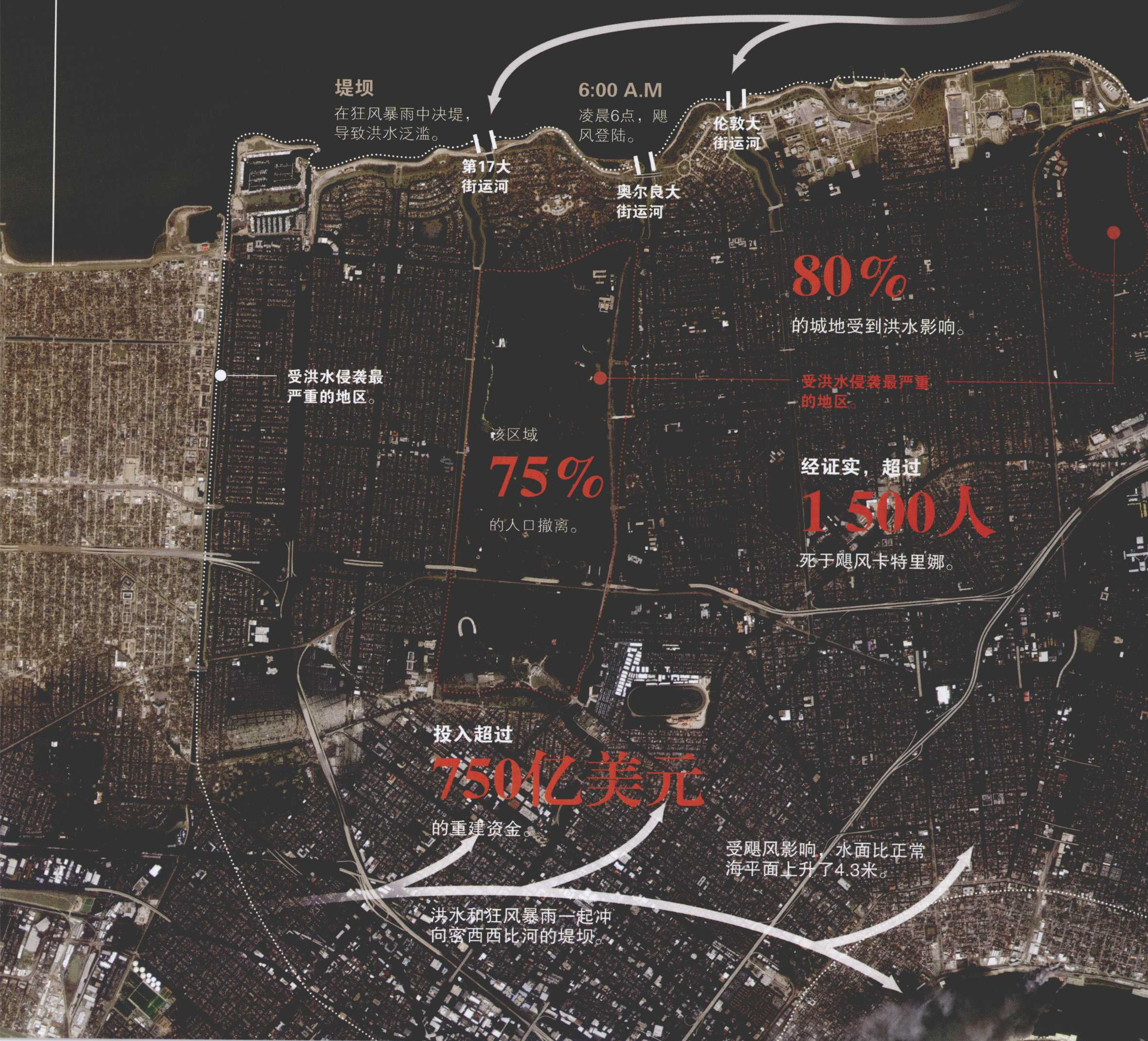


微风指明方向，使其能够发展。

向外涌动的风。

飓风卡特里娜带走了什么

2005年8月，飓风卡特里娜席卷了美国南部和中部，数以千计的房屋、建筑、石油设施、高速公路和桥梁被夷为平地，众多地区通信中断，一些人口密集地区得不到供给。飓风造成了佛罗里达、路易斯安那和密西西比州以及巴哈马联邦的大范围财产损失，致使上千人死亡。卫星图片显示了这场灾难的范围之广，该飓风被认为是美国历史上破坏性最强的飓风之一。



狂风

风速达到250千米/小时，造成了洪水上涨，并越过了防洪墙。



新奥尔良

北纬30°
西经90°

面积	933平方千米
人口	约50万人
海拔（海平面以上）	3米





8月23日

一个热带低气压在巴哈马群岛上空形成，随后加强为热带风暴卡特里娜，8月25日继续加强为1级飓风，并在佛罗里达登陆。

8月27日

离开墨西哥湾，并加强为3级飓风。8月28日，继续加强为5级飓风，规模扩大。

5级
3级

8月29日

清晨成为4级飓风，并在路易斯安那登陆，随后，在密西西比第三次登陆。

4级

最大风速

250 千米/小时。

9月1日

飓风能量衰减，并往北移向加拿大，最终消散。

飓风轨迹

防患于未然

飓风通常席卷地球上的某些地区，人们必须了解这种足以摧毁家园的灾害。每个家庭都必须知道，万一屋顶、门或窗户倒塌，家中哪个地方是最安全的。他们还必须知道什么时候该去避难所，什么时候最好待在家里。另一个重要的预防措施是，整理收藏所有的家庭文件和房产记录，并将它们放置在防水防火的保险柜中。●

1 飓风来临前

如果你住在易发生飓风的地区，建议你了解社区的应急计划，自己也要制定家庭行动计划。

封闭所有门窗，防止被风吹开。

储存不易变质的食物和饮用水。

加固屋顶的瓦片，防止其变得松散。

将珍贵物品和文件放入防水容器保存。

使用用电池驱动的收音机跟踪收听新闻报道。

汽车保持加满燃油状态，以防万一。

必要时采取急救措施。

如何准备应急设备

必须备好一应俱全的急救箱。向药剂师或家庭医生咨询。



急救箱
经常检查急救箱，更换过期的药品。

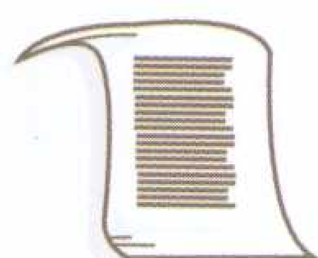


急救手册
必须做好准备，应对最常见的病症和伤情。

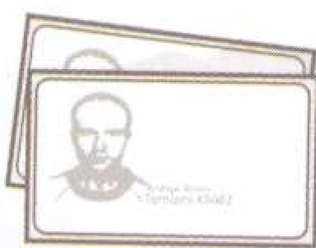


如何准备文件

做好疏散准备，依次整理好家庭文件。



清单
列出个人财物的完整清单。



个人身份证件
每个人都必须持有自己的身份证件。

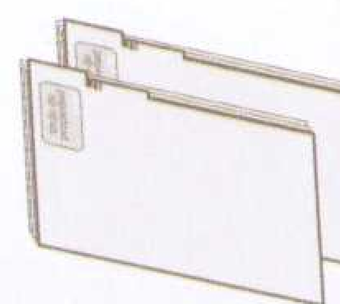
2 飓风来临期间

重要的是保持镇定，通过收音机或电视了解飓风经过的路线。远离门窗，在政府宣布飓风灾害结束之前不要离开居所。

3 飓风过后

首先检查家中成员是否都安然无恙。不要触摸松散脱落的电缆或倒下的电线杆。如果需要食品、衣物或急救，呼叫消防部门或警察。

帮助受伤或受困人员。



将证明房产所有权的文件存放在身边。

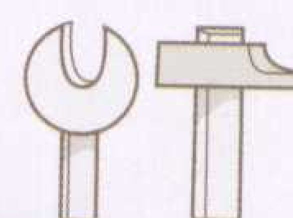
只有当政府宣布形势安全时再返回家中。



确定水源可以饮用时再饮水。



只在紧急呼叫时拨打电话。



检查确认没有天然气泄漏或电路损坏。

切断所有电器电源，关掉家庭电路总开关。

使用由电池作为电源的收音机，调至地方电台，获得相关的信息。

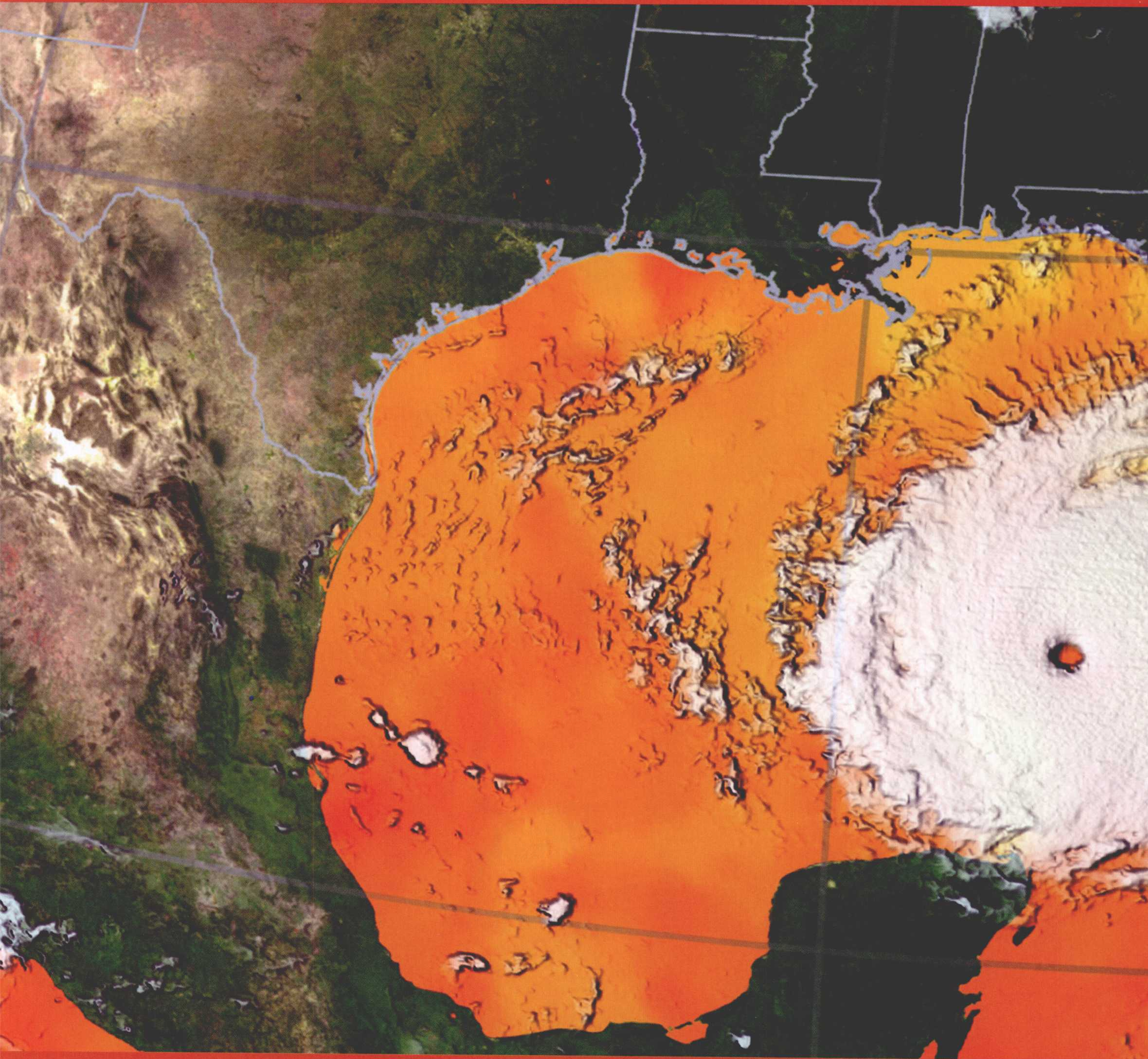
检查最易起火的地方。

不要触摸电线或损坏的电子设备。

关掉供水总阀和燃气总阀。

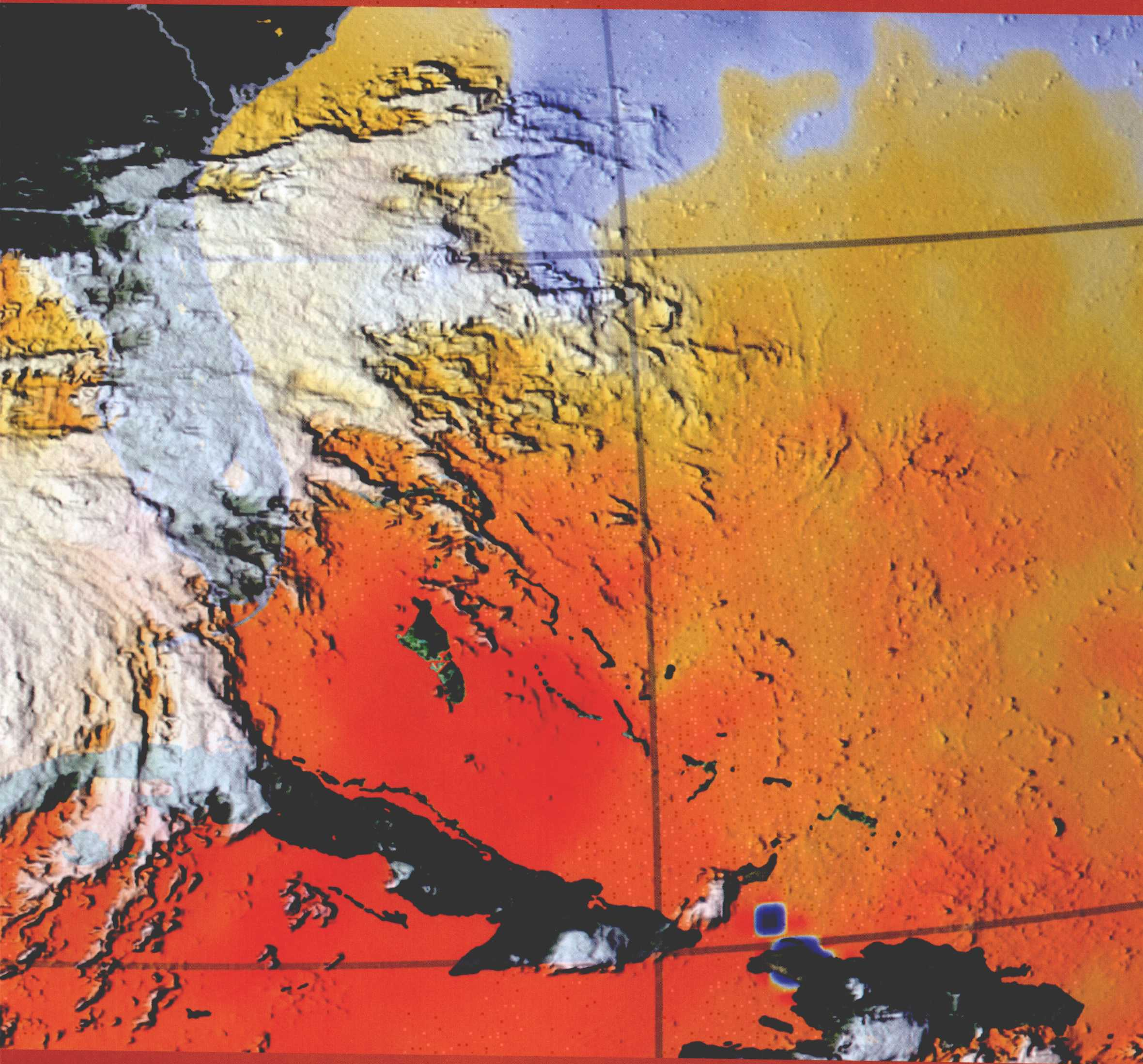
在转移时，无论步行或驾车行驶，都要提高警惕。

气象学



使用绕地球轨道运行的卫星记录的信息帮助测算降雨、气流和云团的到来，能够使我们提前几小时知道强烈风暴是否正在向地球某个地方前进。依靠这些精确的信息（例如热带气旋将在何时何地出现），政府官员能够协

飓风丽塔，2003年9月
GOES-12卫星传回的图像显示了位于墨西哥湾东部的飓风丽塔的形状。



调群众从受影响地区撤离。由相互间隔数百千米的众多气象站组成的监测系统也能够监测地球表面。这些气象站从全世界所有地区收集信息并传送到世界各地，这样气象专家就能绘制气象图和表，并做出预测以通知民众。●

关于天气的民间谚语

在现代气象学发展起来之前，人们通过观察自然现象来预测降雨、洪水或大风等气候现象。千百年来，所有这些气象知识通过谚语或民谣世代相传。虽然这些零散的气象知识大多缺乏科学依据，但是其中有一部分却能体现出某些原理。这些用来预测气候现象的知识大部分来自对动植物的观察。●



燕子

燕子飞回，春天来到。
天气暖，温度升，燕子到。

看物象测天气

在农业社会，渴望丰收和对天气的依赖使人们形成了很多观念，这些观念被用作预测今后事件，其准确度各异。人和动植物一样，都会对当下的天气作出不同的反应，但并不是说依靠这些就能揭示未来的天气状况，只是表示这些变化与当下的天气状况存在一定的联系。例如，冷锋过境之前，空气湿度增加，一些相关的现象就会随之出现。



蜻蜓

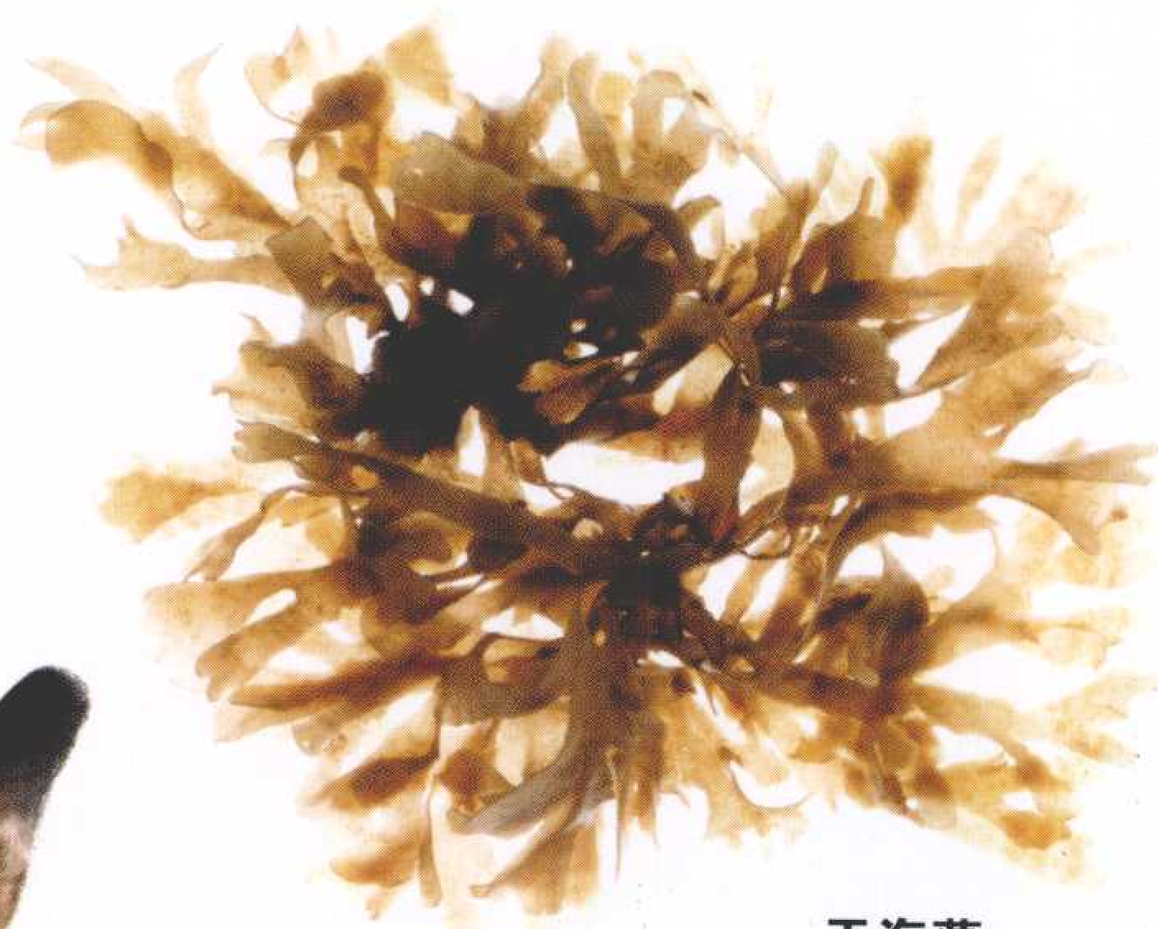
蜻蜓低飞，备好雨具。
蜻蜓成群，大雨成行。

松果





松果的开合
张开的松球表示天气干燥，闭合的松球表示天气湿润。



干海藻
海藻湿度越低，第二天越有可能干燥。





驴

驴子叫，雨来到。
动物的这些行为是对天气作出的反应，与所处环境的湿度增加有关。

蟾蜍

蟾蜍出行，春季潮湿。
蟾蜍水中游，雨水马上到；蟾蜍水中呆，降雨不会停。



月亮

月亮周围有光晕时，预示第二天天气湿润或者天气恶劣。
笼罩着太阳或月亮的卷层云中的冰晶折射光线形成了光晕时，预示有暖锋过境，之后会伴随降雨到来。

天文历书测天气

16世纪，整个欧洲都在销售载有天气预报的天文历书。一年中每个月都有自己的天气歌，尽管这要取决于人们所处的南北半球而变化，这种月历和年历提供了农业和医学方面的建议。自远古以来，人们普遍相信，月亮对大气运行有决定作用，气候变化是由月亮的盈亏造成的。一些流行的谚语有：“四月细雨，五月花开”，“冬夜漆黑，翌日明媚”。

云

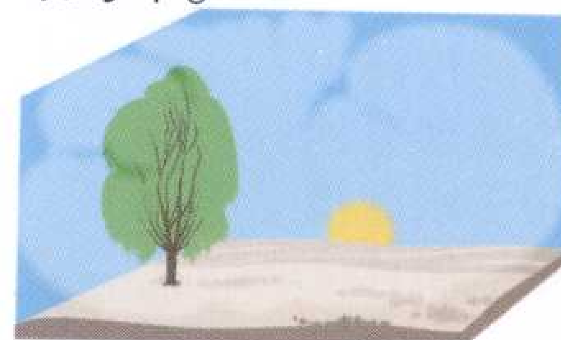
云有云边或云线，小心大风吹船帆。
这与被风吹向高空的云有关，这些云通常预示着低压系统或气旋正在逼近。

天气预报
有上千条与气候条件变化有关的谚语，例如：

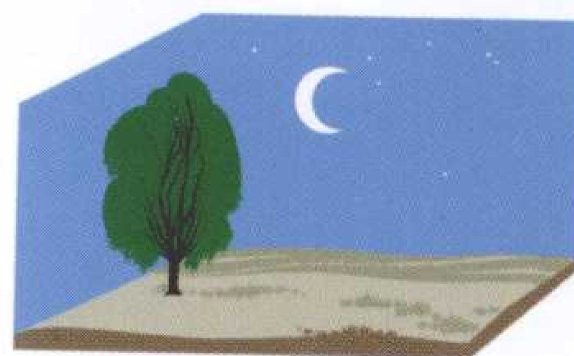
风
东风起，暴雨至。



晨露
五月天凉沁露珠，葡萄结果酿美酒，干草堆起喂母牛。



清澈的日落
日落出彩虹，清晨好个天。



橡树
如果橡树叶早于白蜡树叶落下，则预示着夏天会很干燥。

白蜡树
如果白蜡树叶早于橡树叶落下，则预示着夏天会很潮湿。

蜗牛

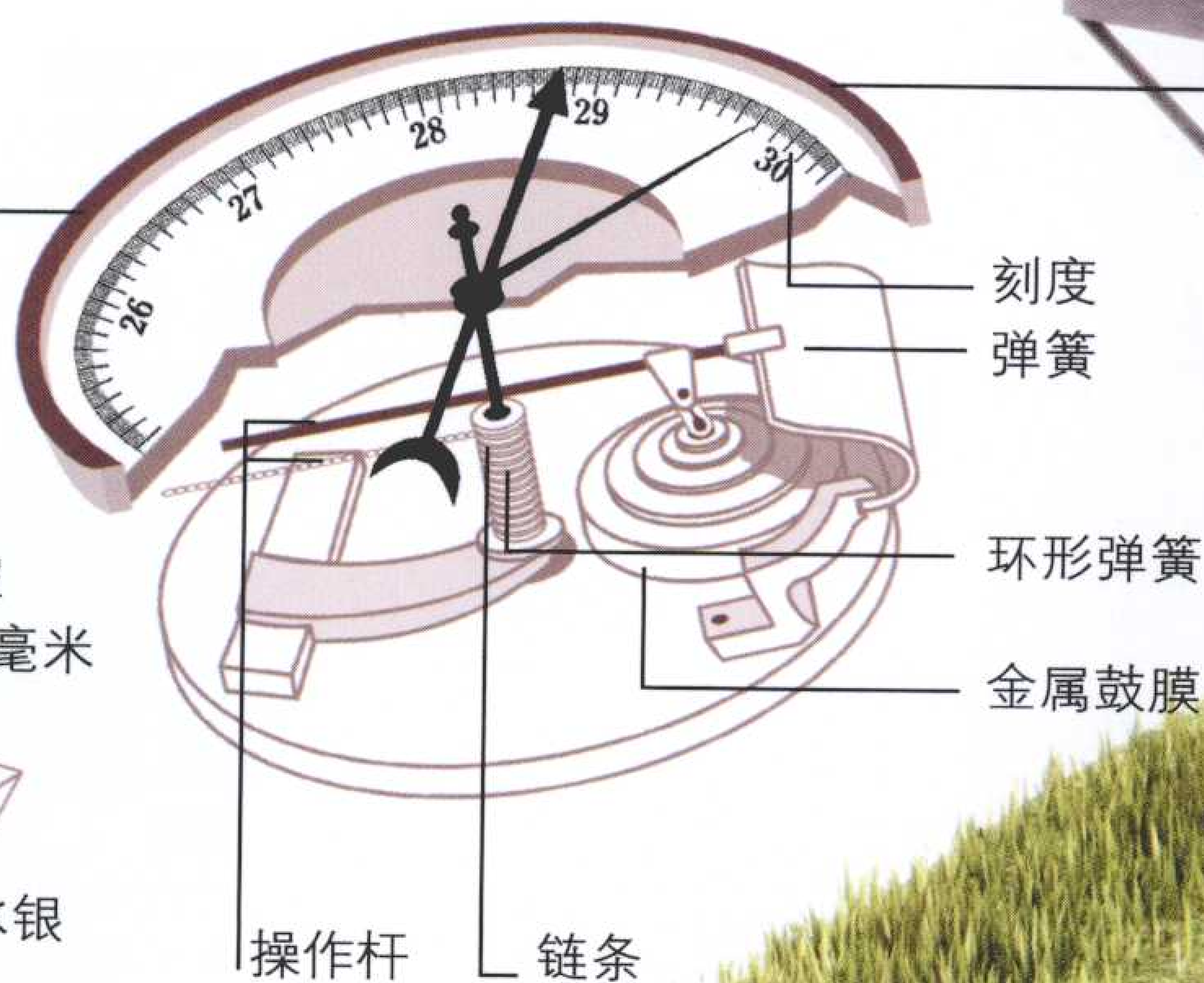
路遇黑蛞蝓，雨水即将至。
蜗牛一般躲在花园里，只能在下雨之前天气潮湿时看到。



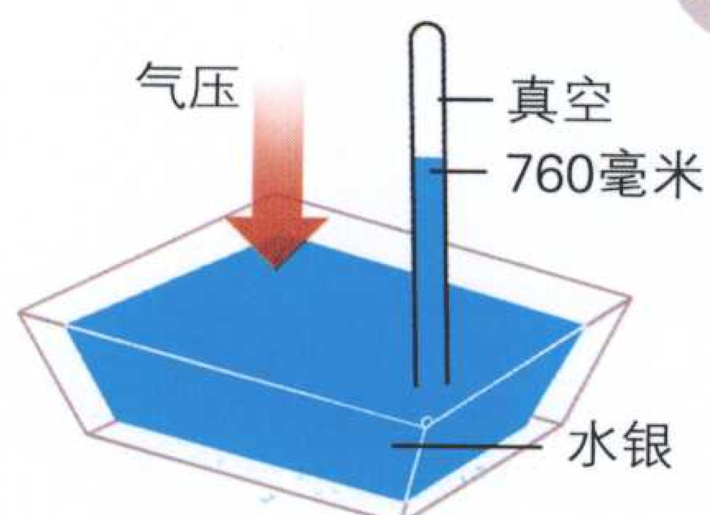
气象信息的收集

大多数关于气象数据的信息来自世界各地的气象学家所保存的关于云量、温度、风力、风向、气压、能见度及降水的记录。通过无线电或卫星，从每座气象站将数据传送出去，这样才有可能进行天气预报并制作各种气象图。●

雷达



无液气压计
测量大气压力。指针显示气压变化。



水银气压计
用于测量气压的仪器，将装满水银的玻璃管的开口一端倒扣于水银槽内形成的水银气压计。

自动气压计
测量气压并随时记录气压变化。

气象工作室



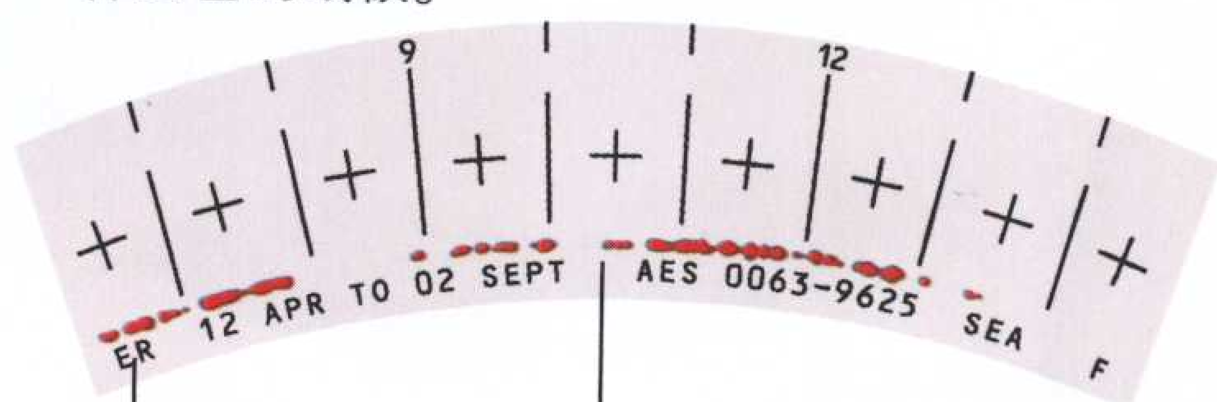
典型的气象站用来监测温度、湿度、风速、风向、太阳辐射、雨水和气压。在部分地区，也会对土壤温度和附近的江河水流进行监测。搜集这些数据有助于预测不同的气象现象。



光射进球体，并在穿过球体时聚集。

球形日光光度仪
用来测量日光照射时长的仪器，它的组成部分是一个玻璃球体，作为聚集日光的透镜。光被投射到球体后面的一层纸板上，纸板因不同强度光的投射而燃烧。

印记
聚集的太阳光束点燃玻璃球体后面的纸板。



长条纸板上的记录按小时进行区分。

燃烧痕迹产生的间隔显示白天阳光照射的小时总数。

蒸发计
正如其名，该仪器是用来测量户外环境下大面积水体中水的有效蒸发量，由于水转化成了水蒸气，水体表面出现下降。

风标
用于显示风向，是一种极为平衡的机械装置。

显示风向。

3个间距相等的风杯用来记录风力大小。

风速计
测量风速的仪器，在风力作用下运行，装在矗立于地面的垂直杆顶部的3个半球形旋杯随风旋转。

数据记录器
记录获得的数据。

最高温度计
显示一天当中的最高温度。水银爬升的细管在球部处校准。

球部装满水银

球部装满酒精

2°

最低温度计
显示一天的最低温度，球部呈叉形。

温湿计
同时记录空气温度和相对湿度。有一个温度记录器和一个湿度记录器分别在纸上记录每天的温度和湿度变化。

干湿球湿度计
测量空气的相对湿度。由两个温度计和两个球体组成（一个是干球，另一个球用保持潮湿的薄棉覆盖）。

干球温度计

湿球温度计

蒸馏水容器

气象观测百叶箱

由木头或玻璃纤维制成，底座与地面泥土隔开，用来防止某些设备（温度计、干湿计等）受到太阳的直接辐射。纱窗确保了百叶箱具有良好的通风性能。

空气双重循环，防止由于太阳辐射过于强烈而造成仪器温度过高。

干湿球湿度计

最高温度计和最低温度计

温湿计

百叶窗条使空气能自由流通，而不会形成气流。

在北半球，箱门应朝北，以防止观察数据时太阳光线照射到仪器。

风向标

风速计

数据记录器

太阳能电池板

控制室

气象站

气象学家在不同高度收集数据。他们在地面使用各种不同的仪器进行测量：用温度计测量温度，用湿度计测量湿度，用气压计测量气压。

温度计

木质平台

入口

鼓膜

记录笔

虹吸管

雨水收集器

雨水计量器
用于按时间顺序记录降雨量。

雨量测量器
用来收集降落到地面的雨水。

雨水计量器

自动气象站

自动气象站使用电力传感器记录温度、湿度、风速、风向、气压、降雨及其他气候参量。数据由微处理器获得并通过自动系统传输。气象站由太阳能（太阳能电池板）或风能驱动，全天24小时自动运行。

即时地图

气象图是根据气象站提供的信息绘制而成的，描绘了在任何特定时间内不同海拔高度的大气状况，为专业人士提供帮助。气象站收集的数据包括压力和温度方面的各种变量值，有了这些数据，人们才能预测是否会出现降水，天气状况是否稳定，或者是否会由于气象锋面的到来而产生变化。

标注

每幅气象图都有标注，表明该图的制作日期及时间。

12表示小时，Z表示格林尼治时间。

该图根据9月2日星期二的气象初始值绘制。

表示初始值

1686年

英国天文学家埃德蒙·哈雷绘制了第一幅气象图。

符号

各种符号代表不同的锋面。

暖锋 暖气团推进，局部暴风雨将至。

冷锋 带有雨的冷气团推进。

静止锋 天气比较恶劣，气温变化不大。

锢囚锋 冷暖锋交替。先出现暖锋，后来出现冷锋。

等压线图

能够为了解气象状况提供最多实时信息的变量之一就是气压，陆地（与海平面持平）的气压值通过等压线图（又叫地面天气图）表示出来。气压相等的点连接起来成为等压线，这样才能估算出地面的风速和风向。根据这些信息可以预测冷气团和暖气团的运动趋势。字母A表示反气旋带，即大气层稳定，降雨的可能性极低。字母B表示低压带，预示大气层不稳定，很有可能出现降雨。

高空天气图

高空天气图是用来分析高空天气状况的图表，也叫位势图。在天气图上，等高线将某个压力水平（通常为500百帕）下海拔高度相等的点连接起来，与对流层上层（在500百帕图中海拔5 000米）的空气温度相互关联。对流层各个地区的温度通过等温线表示出来。

风

底部带有圆圈的线段表示风向和强度，线段方向表示风的方向。这个线段上面，用垂直的线段表示风速，一节垂直线段表示1.9千米/小时的风速。

符号

风向由这些符号表示。

位置

线条表示风向，可以是北风、东北风、东风、东南风、南风、西南风、西风或西北风。

恶劣天气

天气不稳定，很有可能出现强降雨。

低压槽

这种现象增加了出现恶劣天气的可能性，低压槽的位势高度值低。

高压脊线

位势高度高的区域，降雨可能性小。

阴天

黑色圆圈表示阴天，白色圆圈表示晴天。

风速

短线表示五节风速线段，长线表示十节风速线段，连成了三角形的表示超过40节风速线段。

好天气

大气层稳定，降雨的可能性小。

低压槽槽线

高压脊脊线

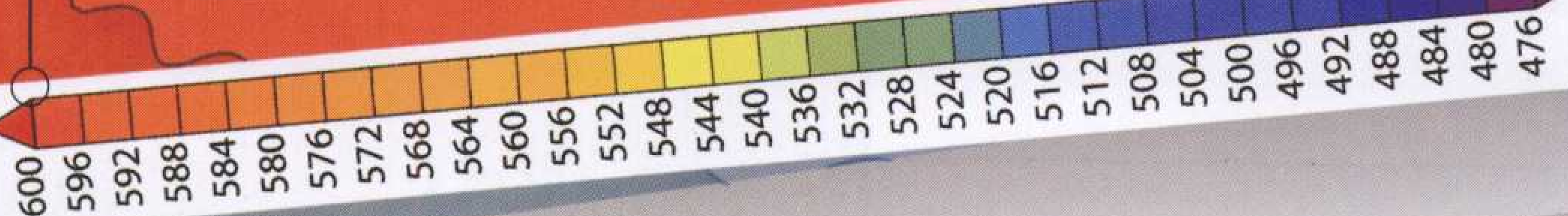
高空图

在这些图表中，等高线连接位势高度相等的各点，标明高压脊和低压槽，风向与这些线条平行。这些图表用于制作天气预报。

250百帕 — 11 000米
500百帕 — 5 500米
700百帕 — 3 000米
850百帕 — 1 500米
地面 — 0米

500 百帕

第一个表示500百帕位势高度的气压值。

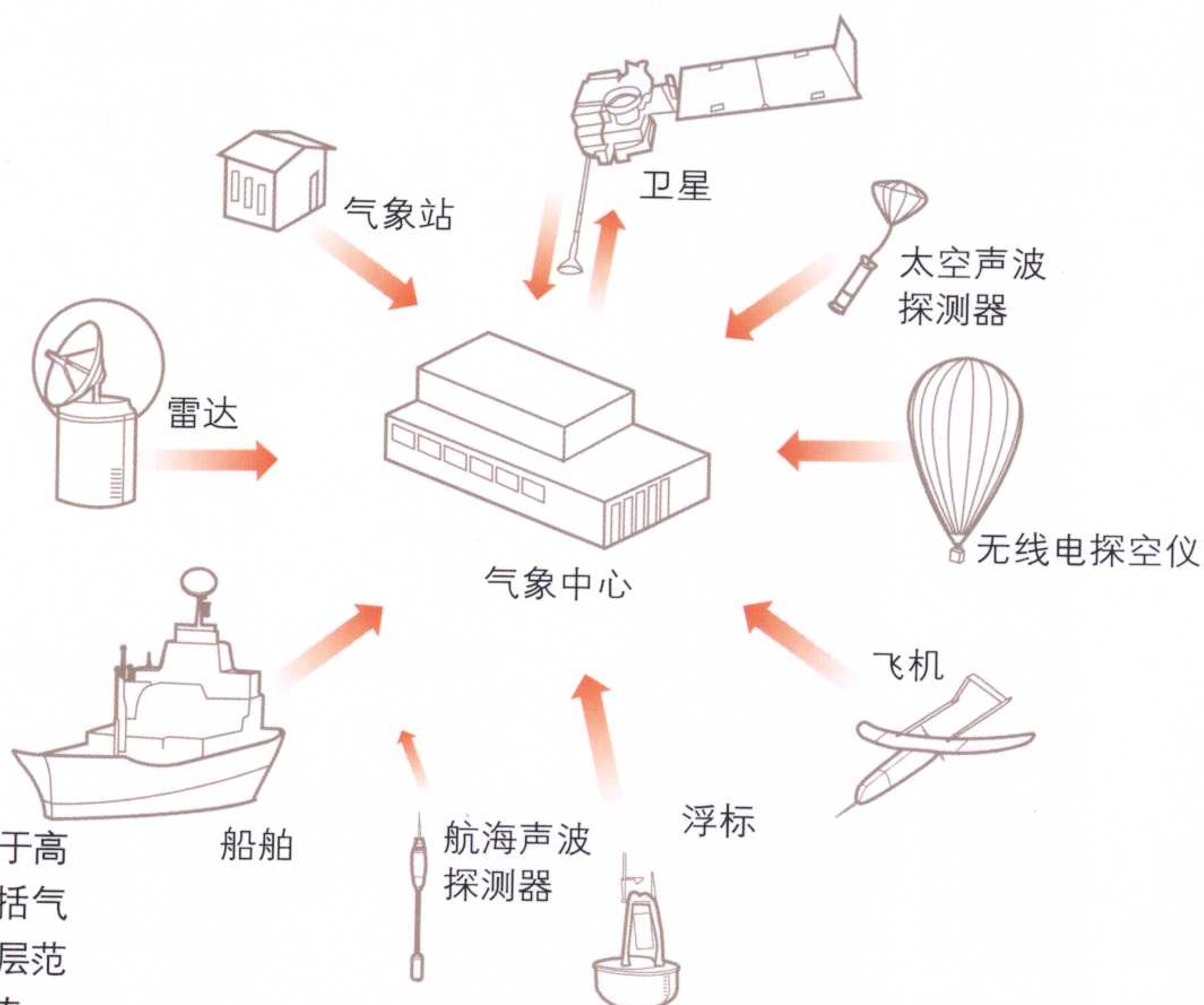


晴、雨、冷、暖

有时提前了解天气变化的情况甚至重要到能够决定生死。根据气象学家作出的天气预报，可以预期暴雨和暴雪带来的破坏。天气预报是根据各种来源——包括设在地面、空中、海洋的各种仪器收集的数据——制作而成。虽然使用了复杂的信息系统，但也只能预测未来几个小时或几天的天气情况，尽管如此，还是为预防严重灾难提供了极大的帮助。

气象数据的采集

世界气象组织是接收和转发位于海、陆、空各气象站气象数据的中心。



空中

通过飞机、卫星或声波探测器收集数据。一颗卫星就能够覆盖整个地球表面，精确的数据能够预防诸如飓风、洪水等气象灾害的发生。

陆地

来自地面的监测数据远远多于高海拔地区的监测数据，包括气压、温度、湿度、风向、风速、云层范围和高度、能见度及降水量的测量值。

气象站

地面测量值可以用于收集部分数据。温度计测量温度，湿度计测量湿度，气压计测量气压。

海洋研究船

收集风向、风速、气温和水温等数据。

声波信号

声波探测器向水中发送声波以探测水深。

水下自动移动装置

其测量出的海水物理特性，如温度、盐度、密度等数据会被传输到操作员那里，全球定位系统（GPS）能跟踪水下自动移动装置的位置和深度。

海上

船舶、浮标、水下机器人可以测量水温、盐度、密度和日光反射率。收集到的所有数据会被发送到气象中心。

无线电探空仪

用于测量不同海拔或气压水平下的气温、气压和空气相对湿度，还能测量风向和风速。

15 000 米

这是无线电探空仪能够到达的高度。

10 000 米

这是气象飞行器能够到达的高度，接近对流层的上限。

人造卫星

提供用于呈现大气层中的云层和水汽以及测量陆地和海洋表面温度的图片。

13 000 米

这是G-IV飞行器能够达到的高度。

气象飞行器

用来获取云层温度、湿度数据，并拍摄云层中的微粒。

G-IV喷气式飞机

可发射的深空探测器

从飞机向地面释放的探测器，在探测器传送风速、温度、湿度和压力等数据信息时，跟踪其飞行轨迹。

捕捉飓风的P-3气象飞机

该飞机的多普勒雷达分辨率比常规使用的标准多普勒雷达高4倍。

多普勒雷达

降落伞帮助其延长滞留在空中的时间。

无线电探空仪将数据发回基地。

4 270 米

这是P-3飞机能够达到的高度。

更准确的预测

新型的预测模型能监测湿度、温度、风速和云层移动等变量的变化情况，可以使预测能力比现有模型提高25%。

365 米

无线电声波探测器能够到达的高度。

现有模型

每边12千米等级

遥控无人机

无人驾驶的气象探测飞行器，能够每间隔1/10秒发送气象数据。

试验模型

气象中心

气象中心促进全球各气象观测站之间的共同合作，将世界不同城市的监测数据标准化，将气象预测应用于各种人类活动。

最强的风

现有模型无法探测最强的风。

每边1.3千米等级

导航灯

风速计

数据传送器

太阳能电池板

气象浮标

提供没有船只覆盖的区域的海洋数据。浮标随洋流自由漂浮，并通过卫星自动输送探测到的数据。

2 000米

这是自动移动装置能够到达的水下深度。

深海探测器

从飞机上释放，之后沉入海中。

雷达站

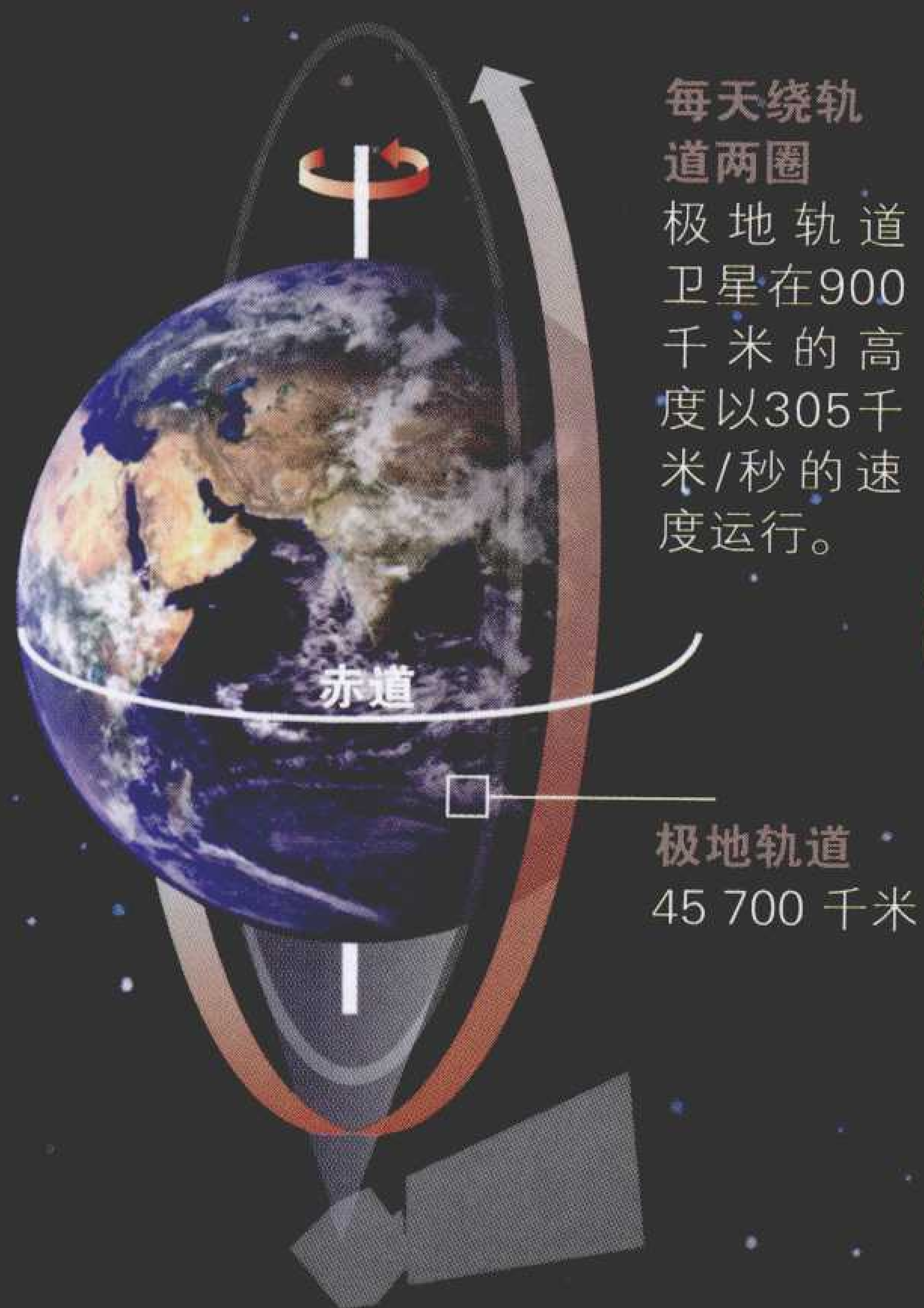
用来监测降雨、降雪或冰雹的强度。雷达发送测试降水情况的无线电波，然后在接收显示屏上显示回波信号。

移动卫星

这种气象卫星已经围绕地球旋转了30多年，为科学家提供了不可或缺的帮助。除了卫星设备生成的图像之外，气象学家还接收卫星提供的能够用来制作气象预报的数据，通过大众传播媒体，世界各地的人们可以据此获知天气预报。此外，各国还使用最先进的卫星研究气候现象的特征，比如热带气旋（飓风、龙卷风和台风）。

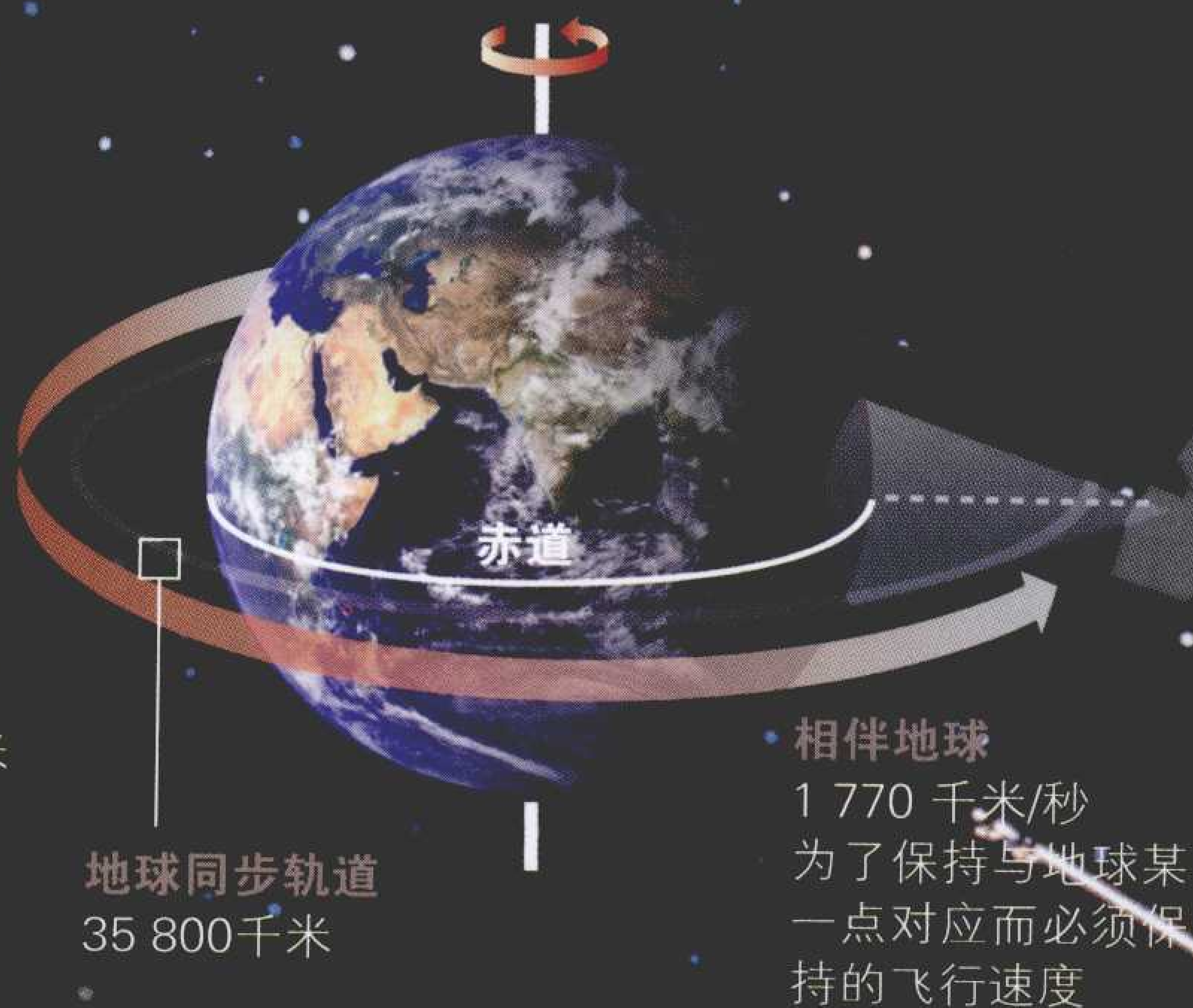
极地轨道卫星

此类卫星从地球的一个极点运行到另一个极点。卫星沿各自的轨道运行时，扫描地球表面的一定区域，一天两次经过地球表面的任何一点。卫星的使用寿命约为两年。



地球同步卫星

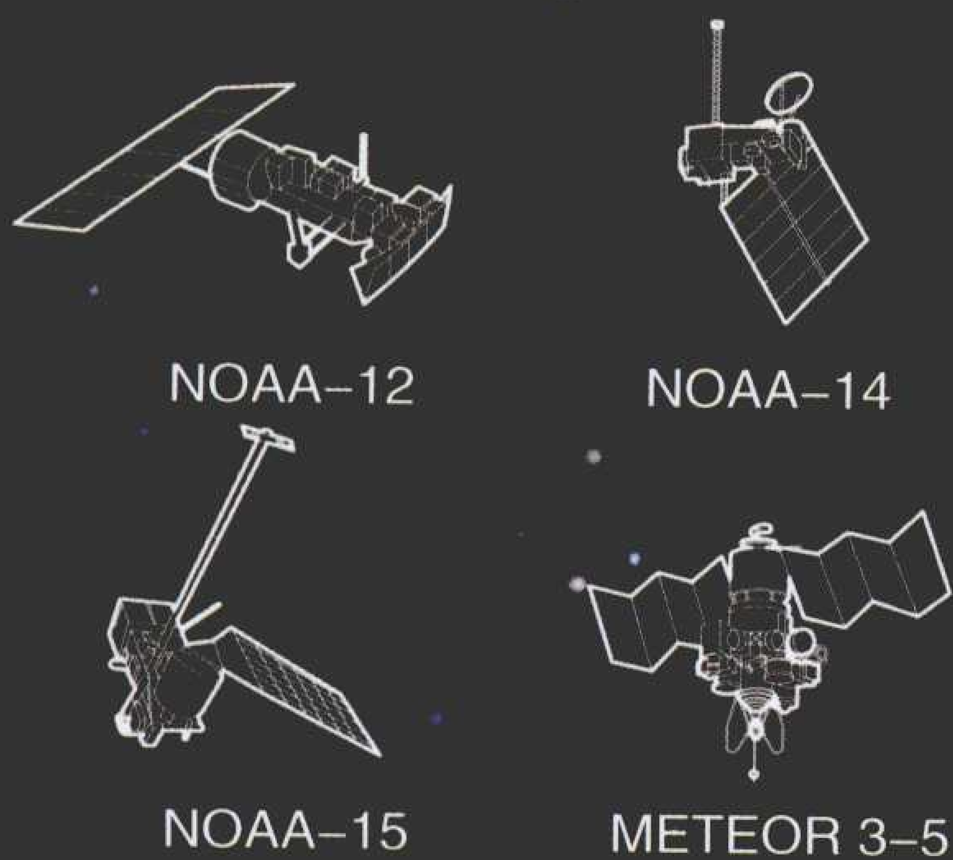
卫星在赤道上空绕地球运行，并与地球旋转同步，也就是说，卫星绕着地球旋转时，总是处于地球表面同一地点的上空。



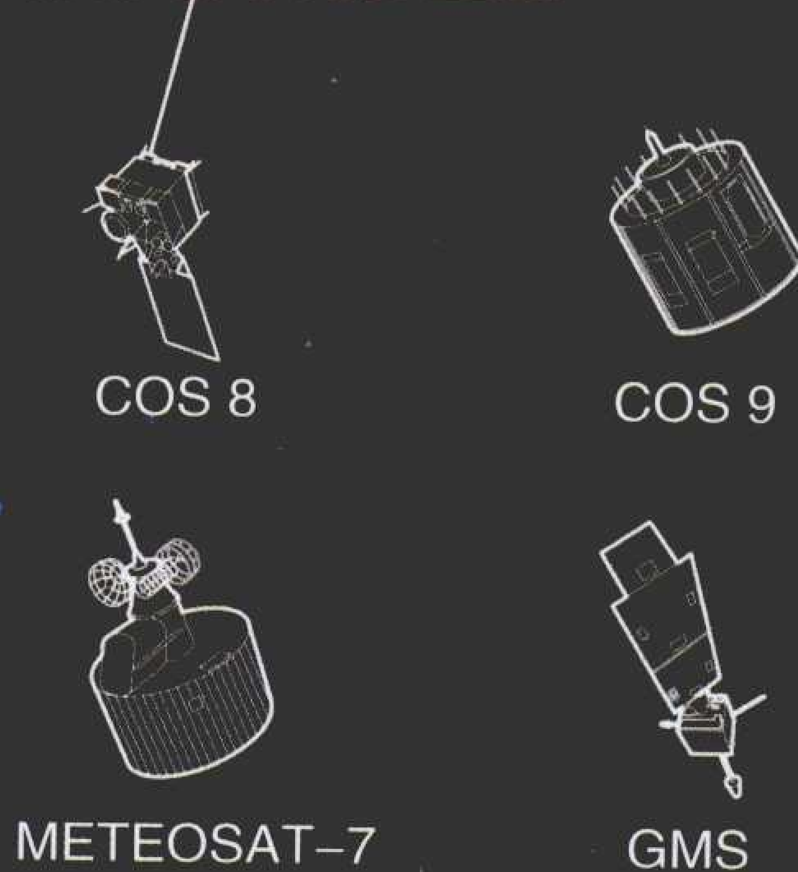
特征

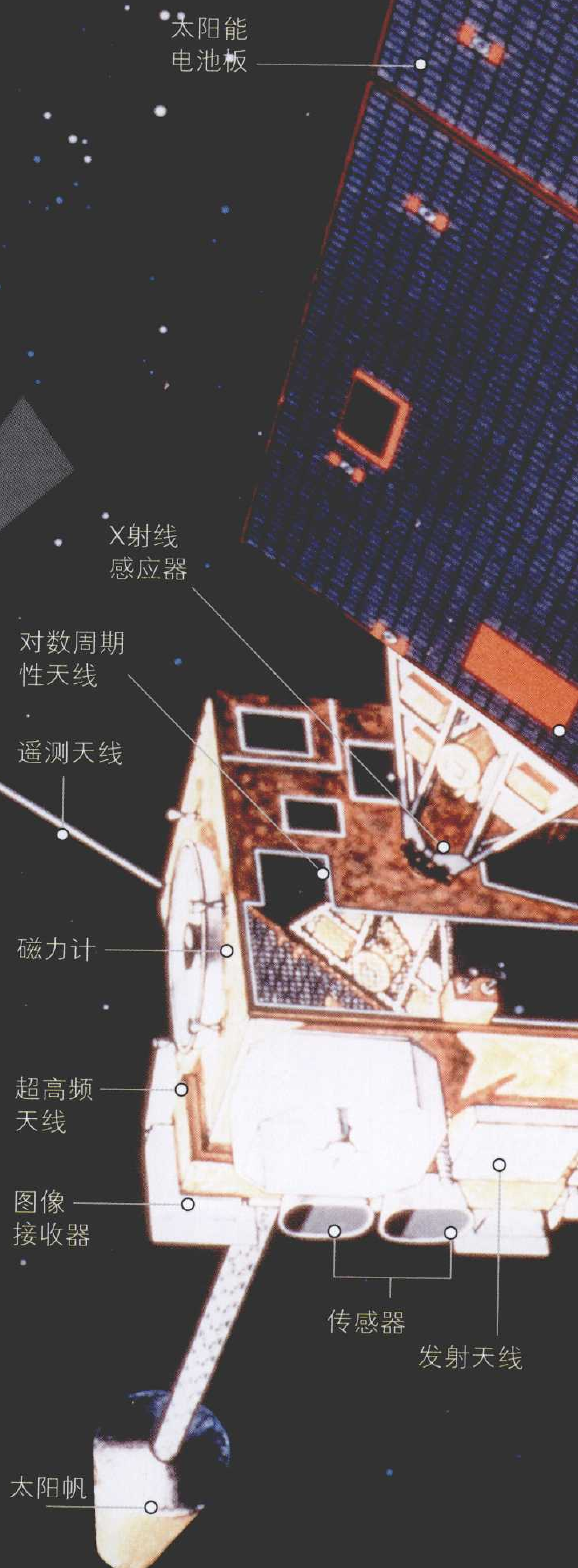
轨道高度	35 800千米
旋转速度	100转/分
轨道周期	24小时

有源极地轨道卫星



有源地球同步卫星

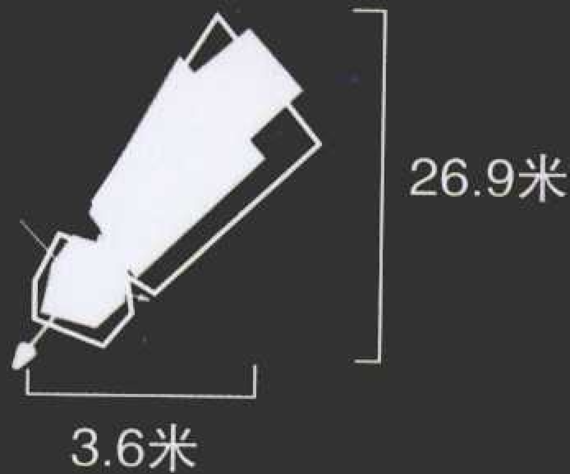




阵列驱动系统

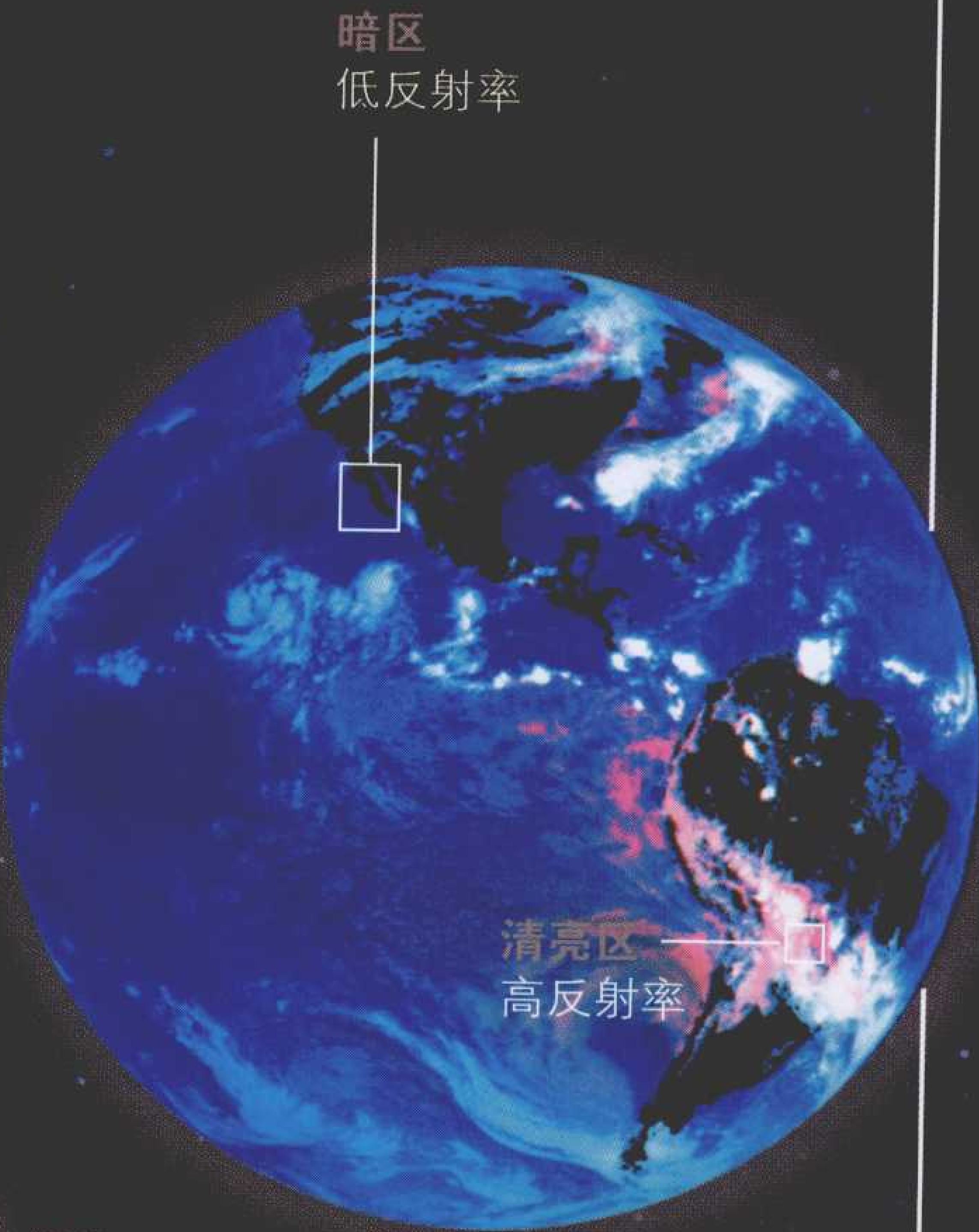
地球静止轨道气象卫星东方号（GOES EAST）

轨道高度	36 000千米
重量	2 200千克
发射时间	2001年
轨道	75°



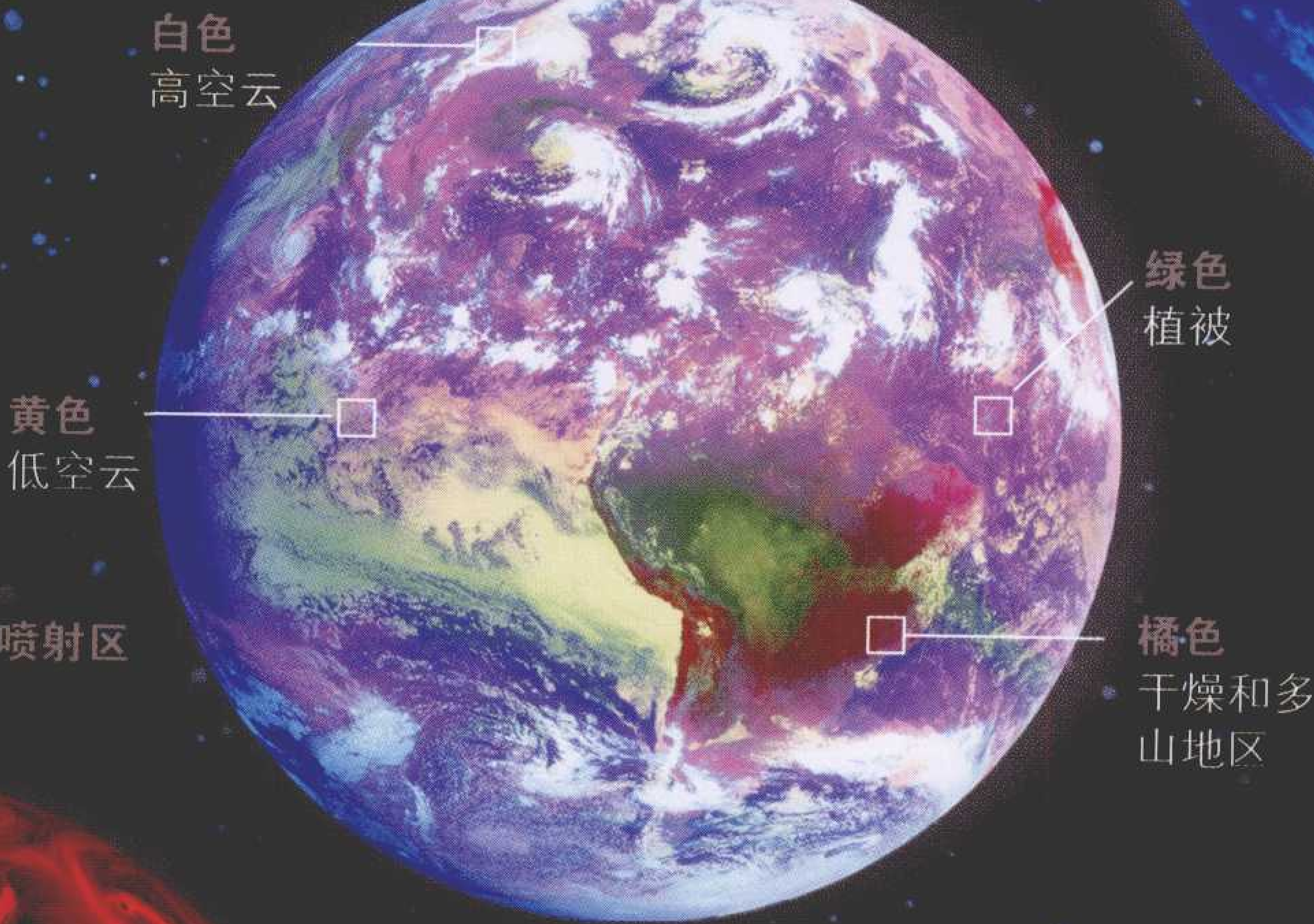
图像的昨日与今昔

20世纪60年代的泰罗斯气象侦察卫星（又名“电视和红外辐射观测卫星”）提供了第一批云系照片。现代的GOES卫星（即“同步运行环境卫星”或“地球静止轨道气象卫星”）能够运用更精确的时间和空间测量数据，提供更高质量的云层、陆地和海洋图片。它们也能探测大气湿度和地面温度。



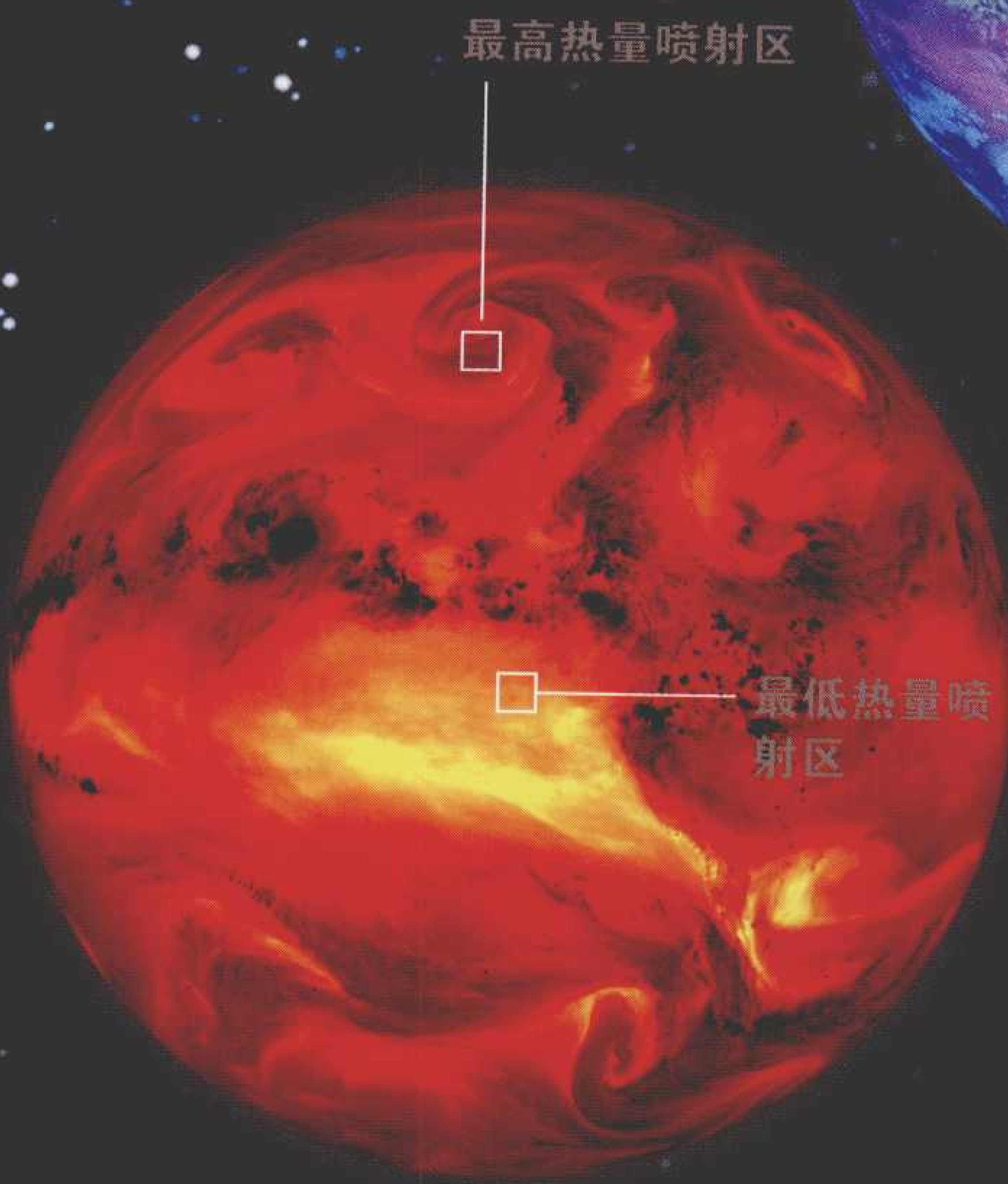
可视图像

海洋和陆地的反射率较低，所以显示为黑暗区。相反，反射率高的地区清晰明亮。



组合图像

由红外线图像（区分高低云层）和可视图像（测量每种气候子系统的反射率）组成。



红外线图像

展示云层和地球表面的红外发射或热量散发情况，目标越热，颜色越深。

接收天线

气候变化



冰川正在融化，这对淡水资源构成了威胁。据计算，每年因冰川融化产生的水量达到35立方千米，这就是冰川对全球海平面上升产生的巨大作用。人们认为大陆冰盖的融化对海平面上升所产生的作用将大得多。欧洲的阿尔

阿拉斯加冰川

大约5%的陆地被冰川覆盖，冰川会移动并在到达海洋时分裂，它们在海洋中形成令人惊叹的冰崖。



卑斯山和高加索山脉的冰川数量已经减半，在非洲，肯尼亚山最大的冰川仅剩下8%。如果这一趋势继续发展下去，到本世纪末，大部分冰川，包括美国冰川国家公园的冰川将会完全消失。这将对世界许多地区的水资源造成严重影响。●

神和宗教仪式

对于地球上所有的早期文明来说，预测天气都是一个令人感兴趣的话题。数个世纪以来，希腊人、罗马人、埃及人、前哥伦布时期的美洲人和东方人都敬奉太阳、月亮、天、雨、风暴和风的神灵。他们以自己的方式，试图通过宗教仪式和祭祀来影响天气，提高收成。

权杖
带有装饰物的短杖，是命令和权力的象征。

西风神仄费洛斯
希腊神话中的西风之神占有重要的地位。他有时造福于人们，有时则带来灾难。尽管古希腊人不确定风神是男还是女，但是它们相信风神有翅膀。

罗马人


罗马人敬奉的神很多，这是因为他们从希腊神话中传承了这些神。掌管天气的神灵有朱庇特（智慧和正义的化身，统治整个地球）、阿波罗（太阳神）、尼普顿（海洋和风暴之神）和萨图恩（农神）。每位神灵各司其职。因此，任何人类活动都会从掌管某项职能的神灵那里受祸或者得福。举行供奉仪式和祭祀的目的就是为了取悦神灵。

闪电之箭
朱庇特统治着地球和天空，他有着鹰的特性、闪电之弩箭和权杖。

希腊人


万能的宙斯是希腊神话里的众神之王和神圣正义的主持者。他是天空的主宰（他的兄弟波塞冬和哈迪斯分别统治着海洋和阴间），携带着代表与天气有关的力量的雷霆。宙斯住在奥林匹亚山上，从那里他可以观察并经常干预人类事务。希腊人相信波塞冬发怒的时候会劈碎大山并把它们扔到大海里变成岛屿。对希腊人来说，乌拉诺斯神是天空的化身，阿波罗是太阳、光和创造之神。

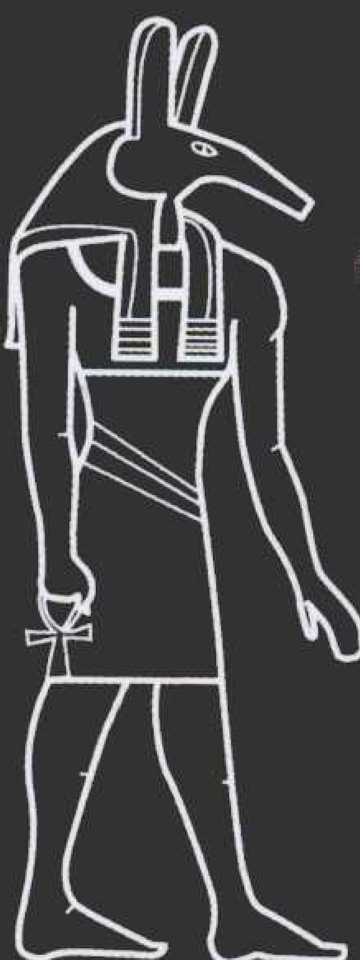
鹰
作为罗马的至高之神，朱庇特的代表形象是鹰，他拥有最高的智慧和权力。

埃及人


和所有古代文明一样，掌管天气的神灵在埃及人的生活中占有十分重要的位置。埃及文明沿着尼罗河畔流传，在那里水是生存之关键——也就是说，那里集中了城市、庙宇、金字塔和王国全部的经济生活。天气影响着河水的涨落和收成的好坏，因此，埃及人敬奉瑞（太阳神）、努特（天空之神）、赛特（风暴之神）和透特（月亮神）。



瑞
埃及的太阳神，原始的创造者。他的崇拜中心原在赫里奥波里斯，或者叫做太阳城。



赛特
埃及的风暴之神，其代表形象是豺、狗或者狼。赛特是瑞的儿子，俄塞里斯的兄弟。

前哥伦布人

前哥伦布时期的美洲原住民相信水是神灵所赐的礼物。对阿兹特克人来说，特拉洛克是雨神，然而印加人称他为维拉科查，玛雅人称他恰克。由于水对于这些土著人来说是维持稳定和组织结构的重要因素，因此雨神被农民供奉。日历的使用使得古时的人们有可能预测天文事件和暴雨。



恰克
玛雅人的农神。当干旱威胁到收成的时候，玛雅人就会举行宗教仪式向恰克求雨。



特拉洛克
阿兹特克人敬奉特拉洛克，对于他们来说，特拉洛克赋予他们一切，因为他有降雨使谷物生长的能力。



维拉科查
对于印加人来说，维拉科查是万能的。作为宇宙和地球万物的创造者，维拉科查与光线、雷霆、闪电和雪联系在一起。



风神
日本的风神。他被描绘成黑暗怪物，身披豹皮，肩上扛着装满风的口袋。



苏利耶
印度的太阳神。在印度，化身为苏利耶的太阳神对南部的达罗毗荼人来说是邪恶的，但是对于中部地区的民族来说却是善良的。这些民族相信太阳神有强大的治愈能力。

东方人

印度教有各种和天气有关的神灵，其中最著名的是苏利耶（太阳神），接下来是钱德拉（月亮神）、因陀罗（掌管天空的神）和巴尔加鲁耶（雨神）。日本神话尊崇这几位神灵：风神（风神）、天照大神（太阳神）、月夜见尊（月亮神）、天津神（天空之神）、须佐之男（风暴之神）和阿迟志贵高日子根（雷神）。

气候区域

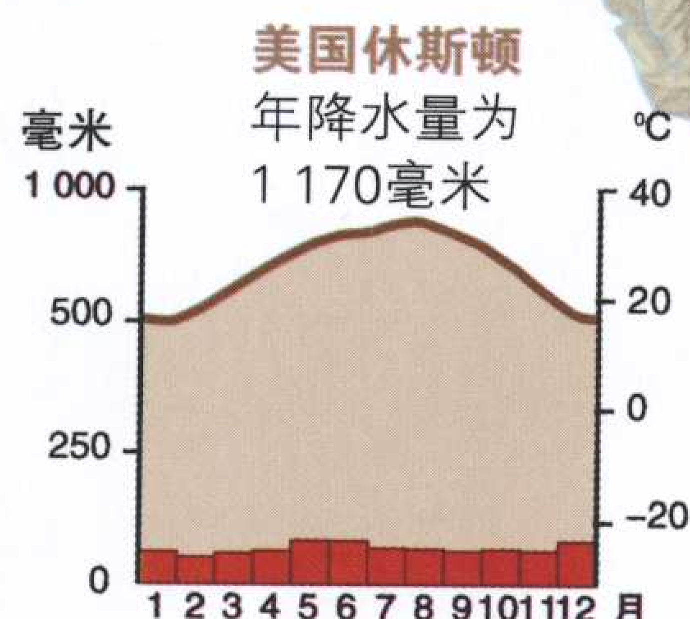
世界上不同的地区，即使相距遥远，也可以按类别划分为一定的气候带，也就是说，被划分为相对于气温、气压、降雨和湿度等气候因素的同质地区。气候学家对这些地区的数量和每一个地区的描述有不同意见，但是描绘在这幅地图上的情况被广泛认可。●

平原和城市化



温带

终年温度适宜，雨量适中。冬天气候温和，有着很长的无霜期。温带地区对于大多数农作物来说是理想的种植区域。

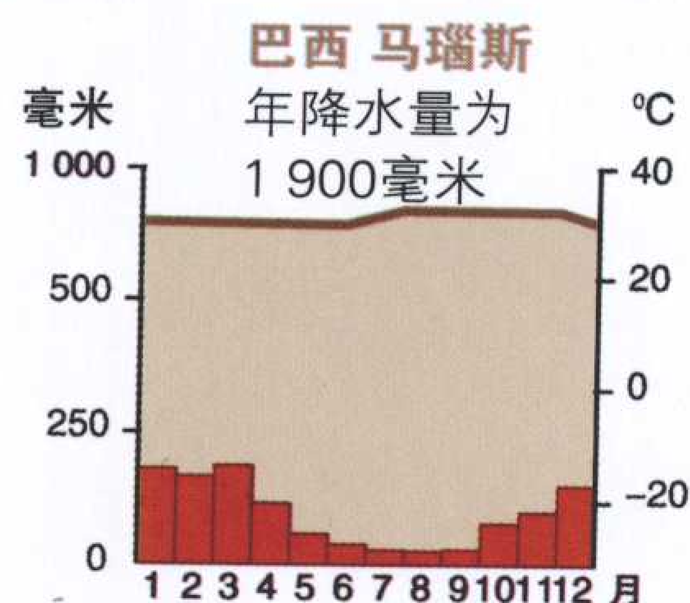


地球的年平均温度为

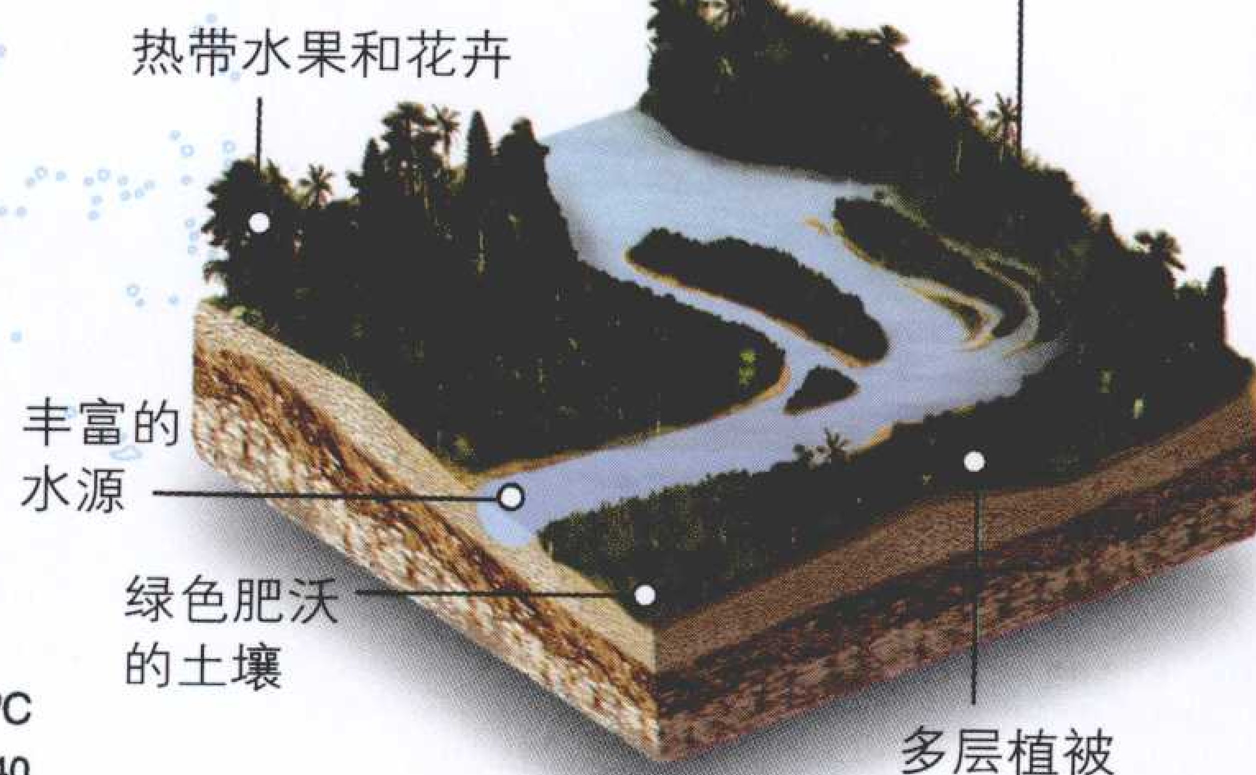
15℃。

热带

终年高温并伴随着大量降雨是热带气候的典型特征。世界上大约一半的人口生活在热带气候地区。由于空气中的水汽不能被立即吸收，因此该地区湿度很高，植被繁茂。



雨林或丛林



沙漠

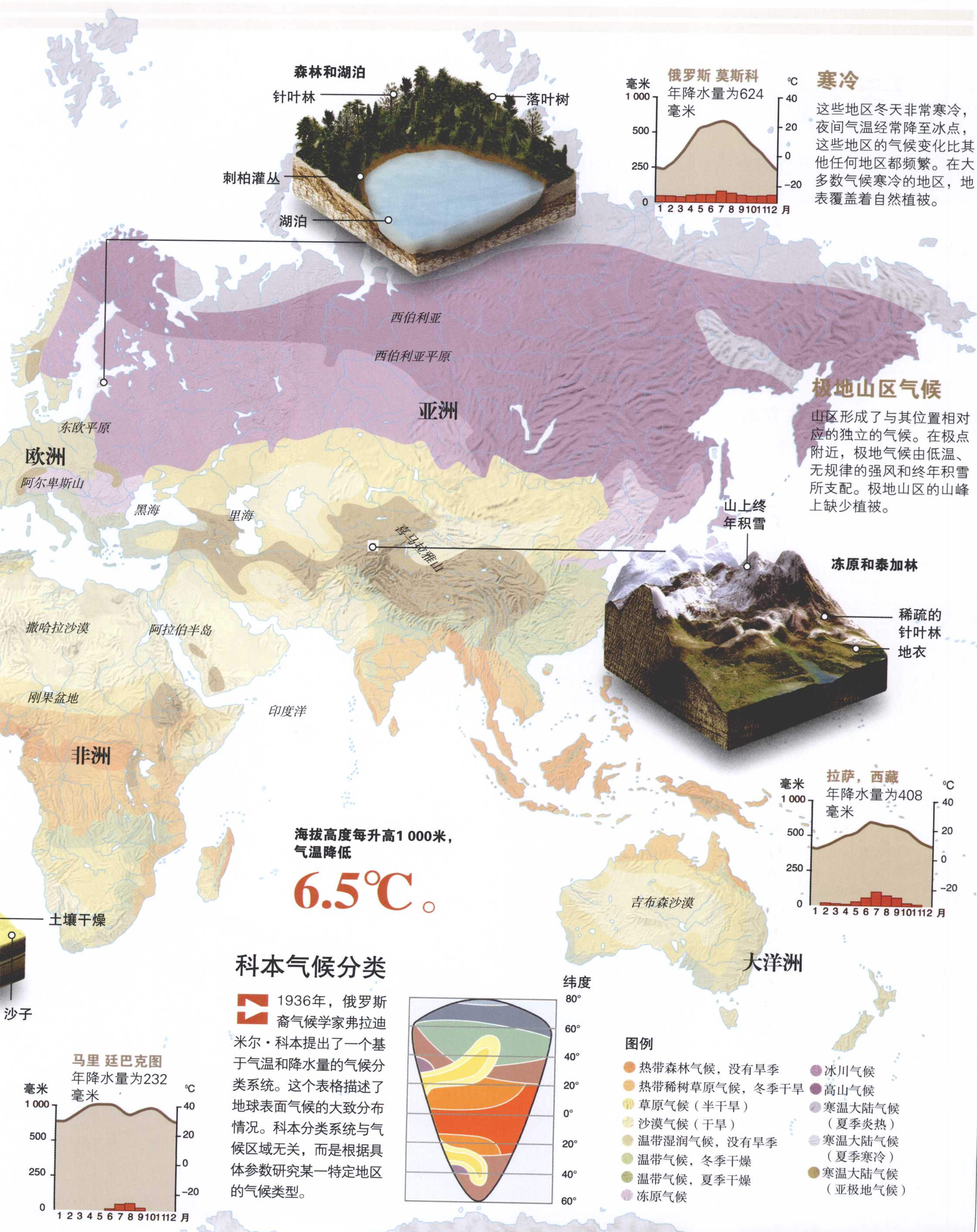


气温和降雨

地球的气温取决于来自太阳的能量，而太阳的能量在不同纬度的分布并不均匀。只有5%的太阳光能到达地球两极的表面，而赤道则接受75%的太阳光。降雨是一种大气现象。云中包含着数以百万计的水滴，这些水滴相互碰撞形成更大的水滴。随着水滴大小的增加，气流渐渐无法将其托住，它们就以雨水的形式降落到地面。

干燥

由于大气的流动，沙漠和半沙漠地区缺乏降雨而形成了干旱的气候。在这些地区，干燥的空气下沉，天空晴朗，日照时间长。



寒冷

这些地区冬天非常寒冷，夜间气温经常降至冰点，这些地区的气候变化比其他任何地区都频繁。在大多数气候寒冷的地区，地表覆盖着自然植被。

极地山区气候

山区形成了与其位置相对应的独立的气候。在极点附近，极地气候由低温、无规律的强风和终年积雪所支配。极地山区的山峰上缺少植被。

海拔高度每升高1 000米，气温降低

6.5℃。

科本气候分类

1936年，俄罗斯裔气候学家弗拉迪米尔·科本提出了一个基于气温和降水量的气候分类系统。这个表格描述了地球表面气候的大致分布情况。科本分类系统与气候区域无关，而是根据具体参数研究某一特定地区的气候类型。

古气候学

地球上的气候一直都在变化。在大约200万年的时间内，地球经历了持续数千年的严寒期或冰川期，这些严寒时期与温暖期交替出现。今天我们所生活的间冰期始于大约1万年前，全球温度有所升高。我们分析的这些气候变化的时间跨度超过几十万年。古气候学使用从化石、年轮、珊瑚、冰川得出的记录以及历史文献来研究过去的气候。



东方站

南纬77°
东经105°

表面积	14 000平方千米
居住者	只有科学家
建立时间	1957年
温度	–55℃
表面	95%被冰覆盖

气体测量



科学家可以通过冰芯立柱（或冰芯样本）研究过去的气候。俄罗斯东方站采集的近3.6米长的冰层样本中包含着过去42万年里的气候数据，包括大气中的二氧化碳、甲烷以及其他温室气体的浓度。



样本

地图上表明的地区是科学家采集冰样本的区域，这些样本将被送到实验室里进行分析。

图例

钻井

冰盖

年代学



在地球的历史中，气候发生的剧烈变化不仅对地球表面特征，而且对动植物都产生了很大影响。下面的时间线说明了地球发生的主要气候变化及其带来的后果。



45亿年前
起初，气温较高。生命产生氧气，使气候变冷。

27亿~18亿年前
冰层覆盖了广阔的地区。

5.44亿年前
地貌不断发生变化，一些地理区域内出现冰川气候。70%的海洋物种灭绝。

3.3亿年前
漫长的冰川时期开始了。冰雪覆盖了不同的地理区域。

2.45亿年前
开始时出现干旱和炎热。这个时期结束时气温急剧下降。恐龙出现了。

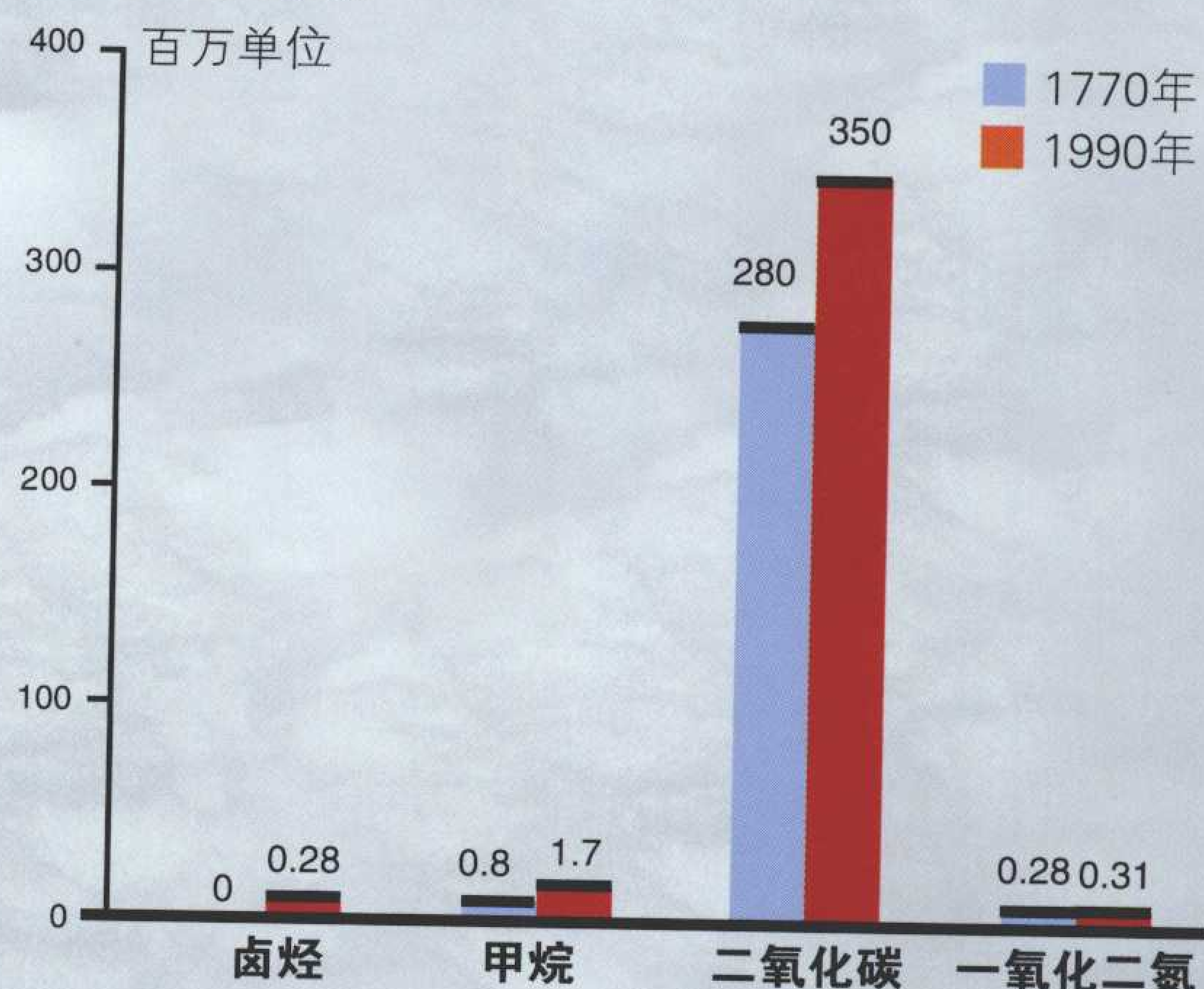
6 500万年前
古新世和始新世之初气候非常温暖；中始新世气温开始下降。

服装
为科学家保暖，并防止样本被污染。

人类活动

可以将气候划分为工业革命前后两个时期。图表说明了1770年到1990年间卤烃气体、甲烷、二氧化碳和一氧化二氮逐渐增加。显而易见，人类活动造成了对地球环境的污染。

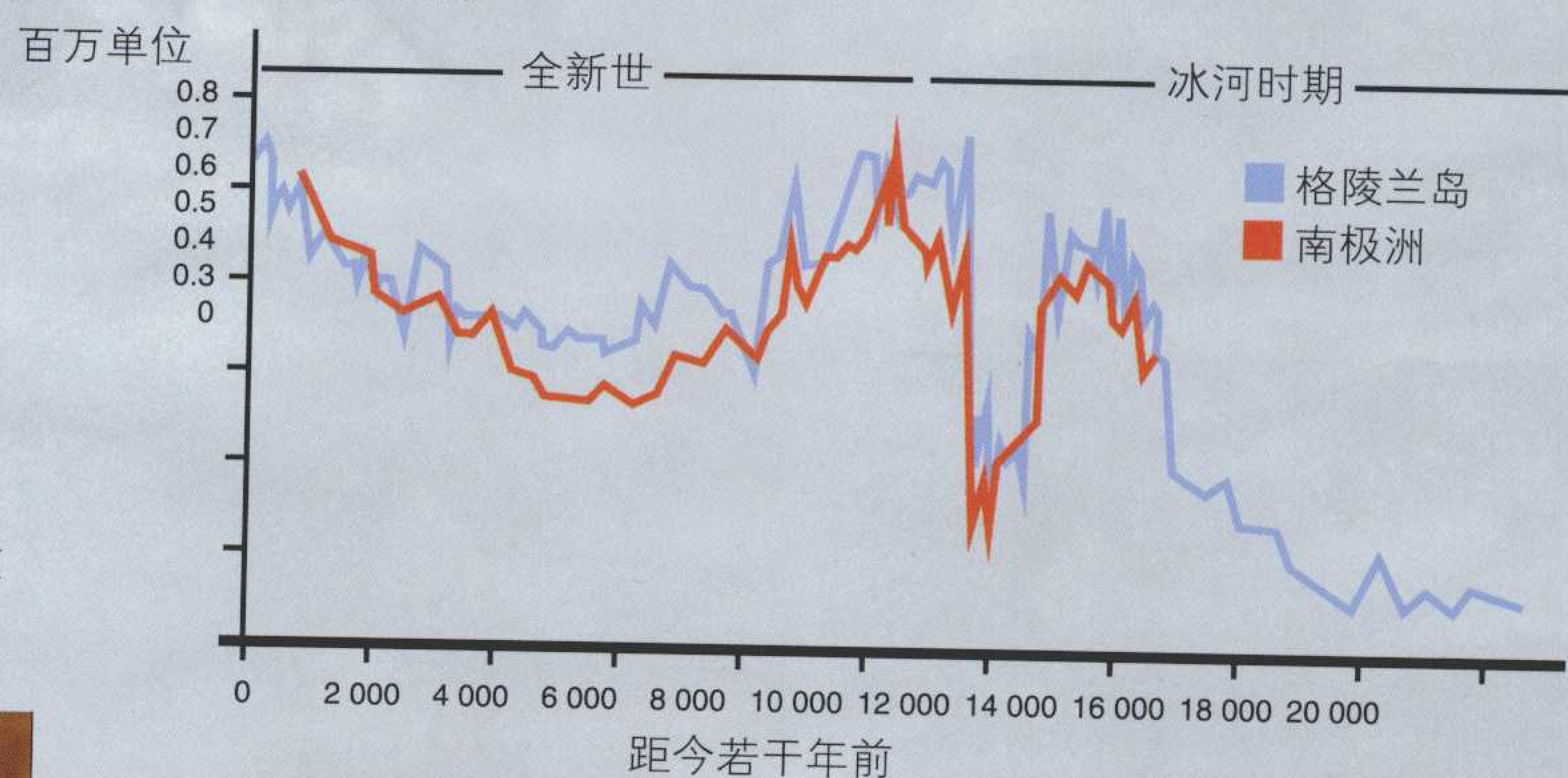
温室气体评估



组成

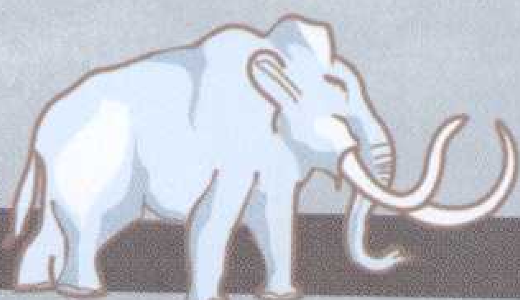
下图说明了从2万年前直至前工业时代结束期间大气中甲烷浓度的变化。图标显示的信息是根据对格陵兰岛和南极洲的冰川探测估算得出的。

甲烷浓度



冰芯
从不同深度提取的冰层样本。比较下层的冰雪更为紧实。在最后一层是岩石和沙子。





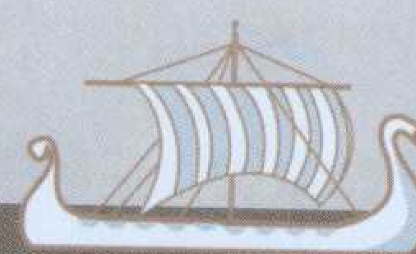
200万年前
依旧寒冷。冰川期每10万年出现一次。



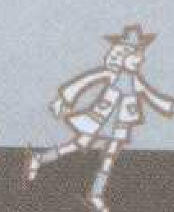
160万年前
间冰期。一个持续200万年的气候时期的开始。



1.8万年前
最后一次冰川消退期的开始。气温升高，冰川融化。



1 300~700年前
中古温暖时期，有些地方比今天还温暖。维京人来到格陵兰岛。



550~150年前
小冰期。高山冰川推进，冬天更加寒冷。

地球变暖

全球变暖导致地球大气层和海洋的平均温度升高，其主要原因是在过去200年中，工业国家的二氧化碳排放量增加，这种现象加重了温室效应。据估计，从19世纪末到2000年，全球平均温度升高了0.6℃以上，人们已经开始关注温度升高带来的后果。全球降水分布出现了变化，有些地区降雨增加，而其他地区的降雨则在减少。这就造成了动植物的重新分布、生态系统的变化以及人类活动的变化。

人类活动的产物

由于人类活动产生的各种气体在大气层中不断累积，我们的地球正在经历全球气候变暖过程的加速期。这些气体不仅吸收地球表面被太阳辐射加热时所排放的能量，而且还增强了自然发生的温室效应，温室效应的作用就是留住了热量。造成温室效应增强的一个主要因素就是CO_2（二氧化碳），它是由燃烧化石燃料（煤炭、石油和天然气）而人为产生的。由于大量使用这些化石燃料，排放到大气层的碳氧化物、氮氧化物和二氧化碳的数量明显增加。其他日益加重的人类活动，例如砍伐森林，限制了大气层通过光合作用消除二氧化碳的再生能力，这些变化造成了地球年平均温度缓慢升高。全球变暖反过来将导致很多环境问题：沙漠化和干旱（造成饥荒）、森林减少（加剧气候变化）、洪水以及对生态系统的破坏。由于这些变量以复杂的方式造成全球变暖，因此很难精确预测未来会发生的每一件事。

1 例如，燃烧燃料和砍伐森林等活动增加温室气体的浓度。

主要温室气体的增加

平流层顶

平流层

对流顶层

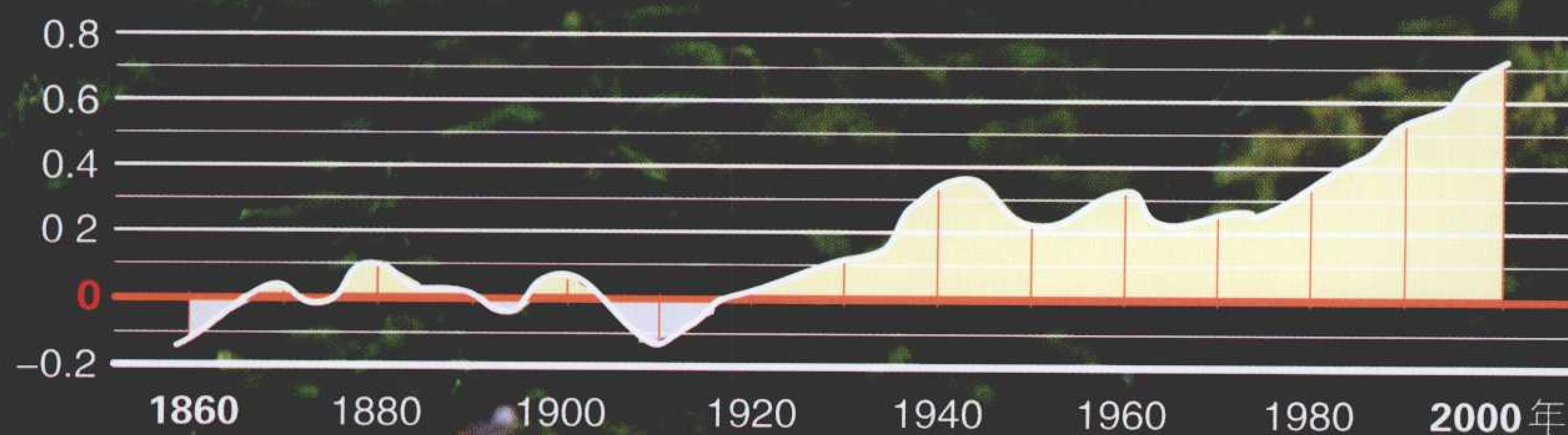
低对流层

29℃

当温度超过29℃时，珊瑚就会褪色。藻类流失后珊瑚将变得脆弱，珊瑚的颜色消退。

过去数年间地球温度的变化

全球变暖的影响已经十分明显。据估计，从19世纪末到2000年，全球平均温度升高了0.6℃以上。





大堡礁

南纬18°
东经147°

表面	**2 300千米**
礁石种类	**3 000种**
历史	**3亿年**
发现	**1770年由詹姆斯·库克发现**

0.6℃

这是从1860年起，地球平均温度的**增加值。**

2 大气层中自然温室效应的增加。

3 变化了的大气层留住了地球排放的更多热量，因此扰乱了自然平衡。

太阳能

大气层

臭氧

臭氧层位于地球表面之上的平流层。它是强大的太阳能过滤器，阻止了绝大部分紫外线辐射的通过。

臭氧层

2千米 10千米 50千米

一个不同的世界

由于降水类型的变化和气压系统的更替，有些地区将变得更加湿润，而其他地区则将遭遇干旱。即将变得更加干旱的地区之一就是北美洲西部，那里的荒漠化已经对农业生产造成了影响。根据目前的预测，在今后40年中，靠近两极的高纬度地区将面临温度的迅速上升。动物种群将被迫从栖息地迁移以避免灭绝。随着栖息地的消失，北极熊和帝企鹅等其他动物将难以继续生存下去。海平面每10年上升1~2厘米。一些太平洋岛国，例如图瓦卢，已经制定了紧急撤离方案。另一个受影响的地区就是澳大利亚的大堡礁。大堡礁的珊瑚对温度变化非常敏感。气温超过正常的29℃时，珊瑚就开始排斥它们赖以生存的海藻，接着珊瑚就会死亡。

加速融化

气候在以一种令人不安的速度变化着。由于所谓的热膨胀现象，冰川正在消退，海平面正在上升。科学家在评估了地球的健康状况后，推断这是由于地球过快变暖导致的后果。人类的活动——特别是燃烧化石燃料，以及由此造成的大气层温室气体累积加速了这一趋势。



北冰洋

北纬66°
经度0°

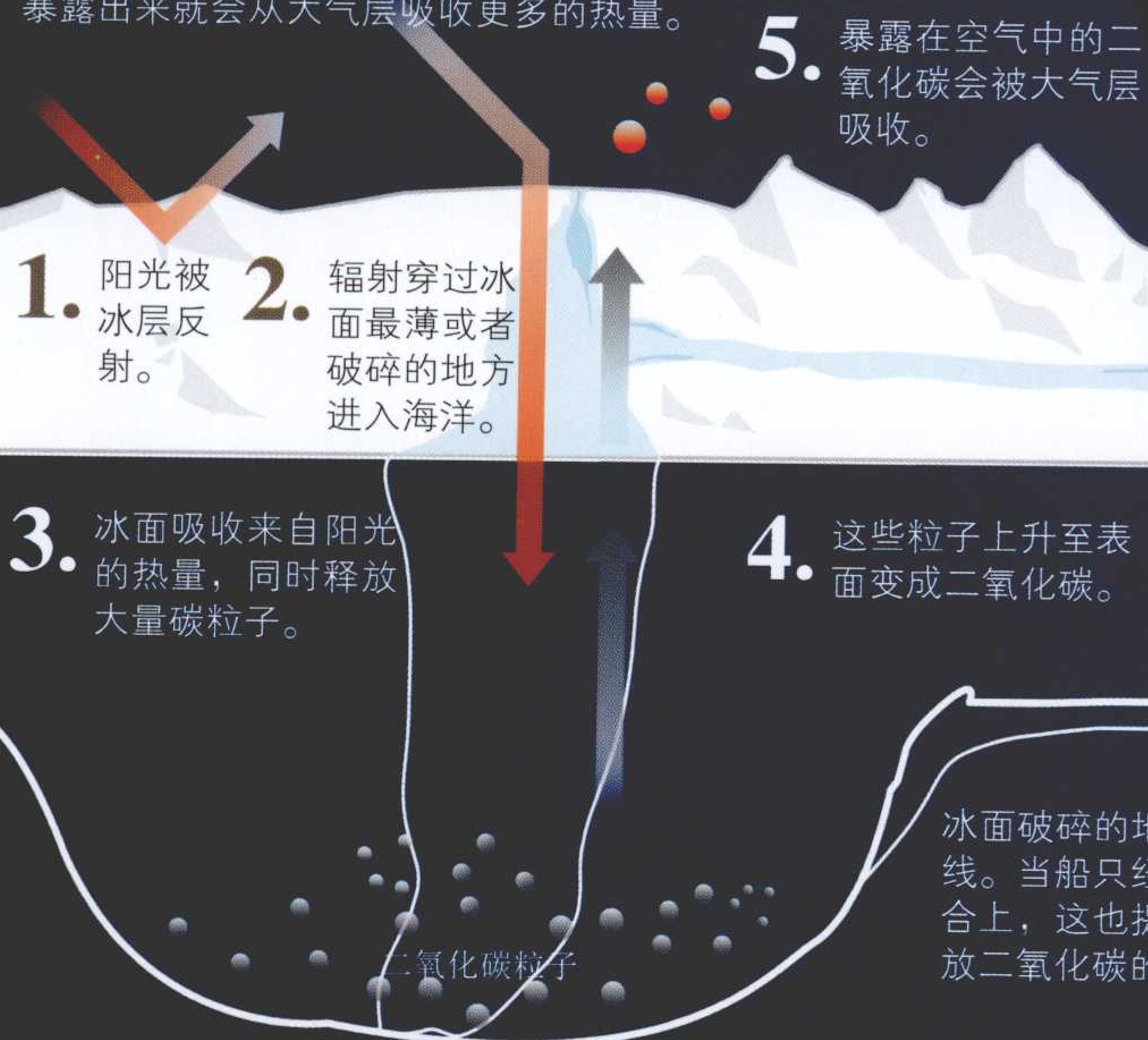
表面积	**14 100 000平方千米**
深度	**4 000~2 000 米**
温度	**冬季-50℃**

发生的原因

两极冰川融化的部分原因在于温室气体的增加。温室气体吸收地球释放的辐射，使大气层升温，进一步提高了地球的温度。冰川的融化增加了海洋的水量。

影响

北极地区的温度比全球平均温度的上升速度更快，原因是其深色的土壤和水，一旦暴露出来就会从大气层吸收更多的热量。



冰面破碎的地方可以开辟新的航线。当船只经过时，裂缝很少会合上，这也提高了吸收热量和排放二氧化碳的速度。

太平洋
白令海峡
北美洲
哈得孙湾
格陵兰岛
大西洋

洋流
海水盐度的变化是造成洋流变化的主要原因。

格陵兰岛上
80%
的冰正以每年1米的速度消失。

欧洲

植被的增加

冰层消退使有机物暴露出来，有机物将会吸收而不是反射太阳能辐射，从而使全球气温上升。

拉布拉多洋流

发源于北冰洋，携带冰冷的海水和碎冰向南流动。

巴伦支海

气温升高

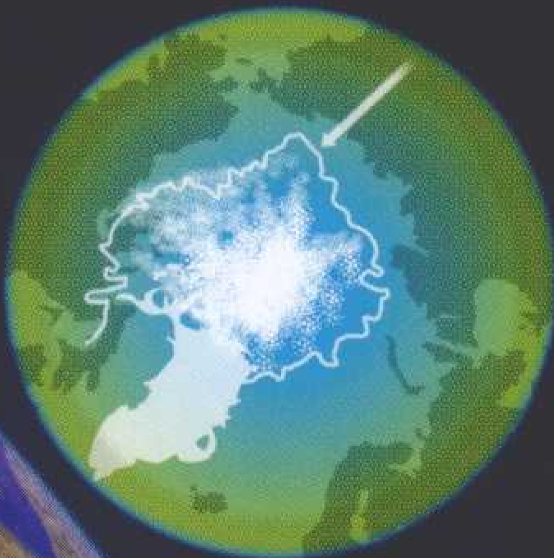
普遍认为，温室气体排放的增加会使全球平均气温在今后100年内升高1.8~4.0℃。

冰面融化对生活在北极的人们和动物产生危害。

墨西哥湾暖流

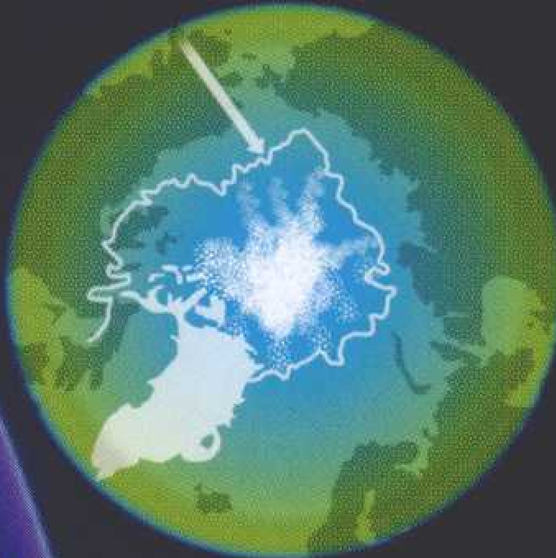
发源于墨西哥湾，携带温暖的海水流向高纬度地区。

预测



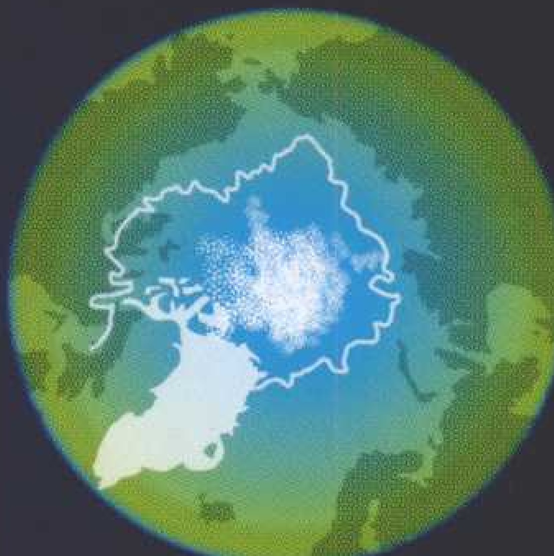
2010年—2030年

夏季海洋上的浮冰正在减少，未来将以更快的速度消失。



2040年—2060年

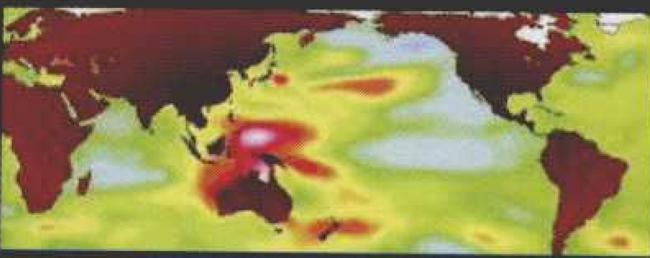
随着时间推移，在北冰洋沿岸，更多的海冰将继续融化。



2070年—2090年

根据一些科学模型的预测，夏季海洋上的浮冰将在本世纪内几乎完全消失。

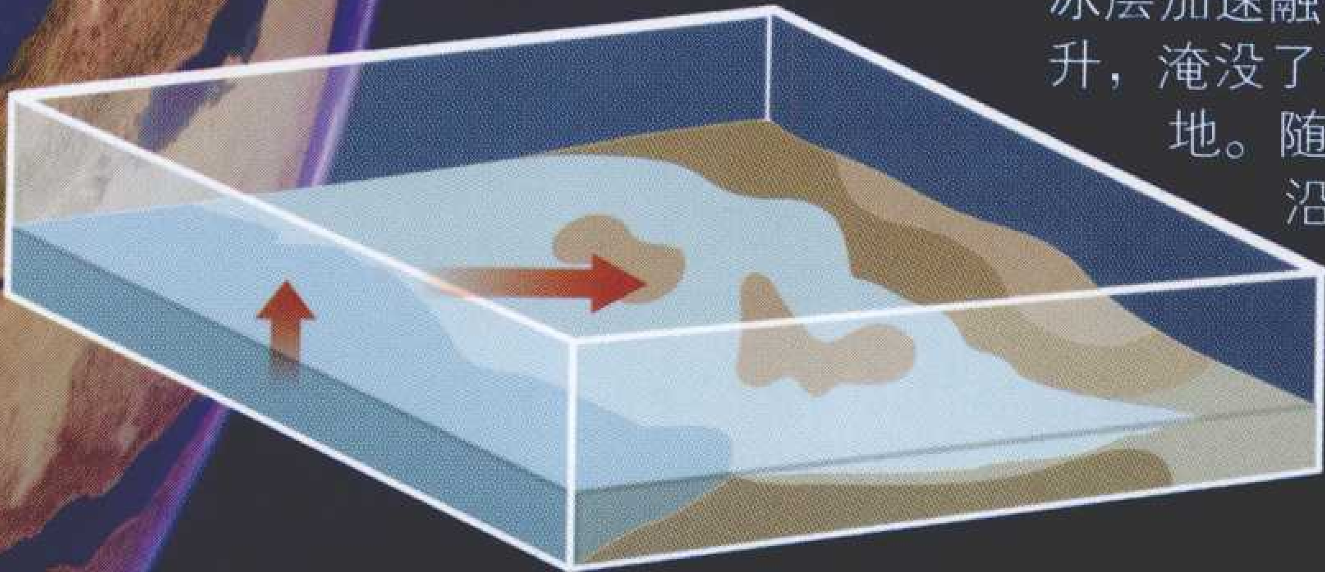
可能发生洪水的地区



1993年—2003年，部分海岸线由于海平面的上升而缩短。

推进的水域

冰层加速融化造成海平面上升，淹没了有缓坡的沿海陆地。随着海平面上升，沿海地区的面积将逐渐减少。



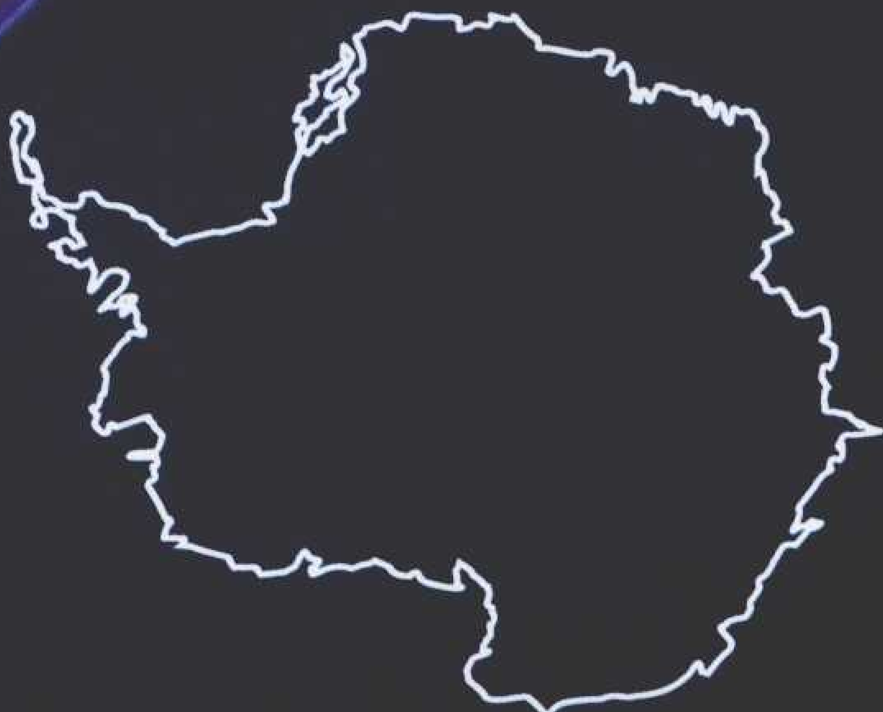
50米

海平面每上升50厘米，将导致50米宽的沿海陆地消失。

全世界

70%

的淡水在南极洲。



南极洲

南极洲的冰以每年152立方千米的速度消失，其西部冰盖变薄的速度正在加快。这都造成了海平面的上升。长此以往，这种气候将对地球上的很多地方造成灾难性的影响。

毒 雨

化石燃料燃烧时排放到空气里的化学物质和水汽混合后会产生酸雨。水中超标的二氧化硫和二氧化氮使得水生动植物的繁衍变得更加困难，并大大增加了鱼类的死亡率。同样，它也影响了陆地植被和动物，并造成污染，破坏土壤的重要成分，对森林造成严重破坏。另外，酸性物质的沉淀增加了未经处理的饮用水水库中的有毒金属（如铝，铜和水银）的含量。●

1 气体排放

由燃料燃烧和火山喷发产生。



2 气体混合

各种气体分子上升到空中和空气中的水分混合。

炼油厂
化工厂
垃圾焚烧炉

树叶失去蜡层

叶绿素被破坏

树叶脱落

根部被破坏

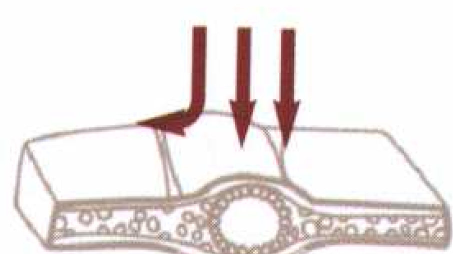
对植物造成的影响
酸雨对植物的机制发生作用，削弱它们对风、严寒、干旱、疾病和寄生虫的抵抗力。

排放的气体种类

炼油厂	二氧化碳 二氧化硫 甲烷
化工厂	二氧化碳，二氧化硫 硫化氢
垃圾焚烧炉	二氧化碳，二氧化硫， 甲烷，一氧化碳 二氧化氮

最受威胁的物种





树叶
酸雨破坏了树叶表面，造成了影响光合作用的轻微病变。

3 光化学反应

阳光加快了化学反应的速度。因此，二氧化硫和大气层中的气体迅速产生三氧化硫。

大气循环扩大了污染物的散布距离。

4 酸雨

以水、雾或露水的形式降落到地面，并留下了在大气层中形成的酸性物质。

pH：5 酸雨

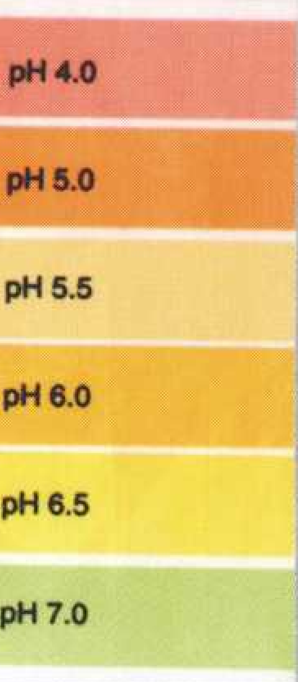
pH：6 正常雨水

受酸雨影响的地区



受酸雨影响最严重的地区是墨西哥、北京、开罗、雅加达（印度尼西亚）和洛杉矶。

pH 呈酸性



pH 正常

什么是pH?

pH是水溶液的酸碱度，指的是液体中氢离子的含量。

对农业造成的影响

耕地不太容易受到影响，因为这些土地通常可以通过恢复土壤养分的肥料得到改善，并中和酸性物质。

溶解的水中携带着雨水里的酸性颗粒。

对土壤造成的影响

硅酸盐土
由于其缺乏缓冲矿物质，酸性造成的影响更大。

钙质土
碳酸氢盐中和了这种作用。

对水的影响

酸性雨水改变水体正常的pH值。

pH：7（正常）→ pH：4.3（酸性）

在山区，雾和雪大大增加了上述气体的含量。

受到严重影响的作物种类是莴苣和烟草，特别是因为它们的叶子是供人类消费的，因此必须保持其高质量。

1972年 这一年第一次记录了酸雨现象。

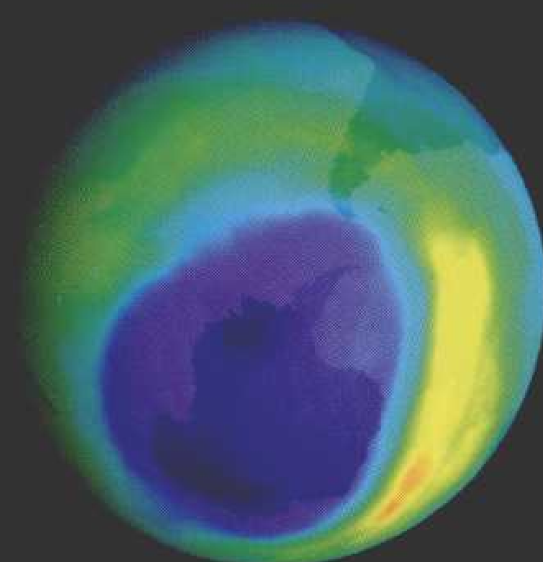
pH4.3 鱼类无法在这个pH的水中存活。

受影响最严重的物种

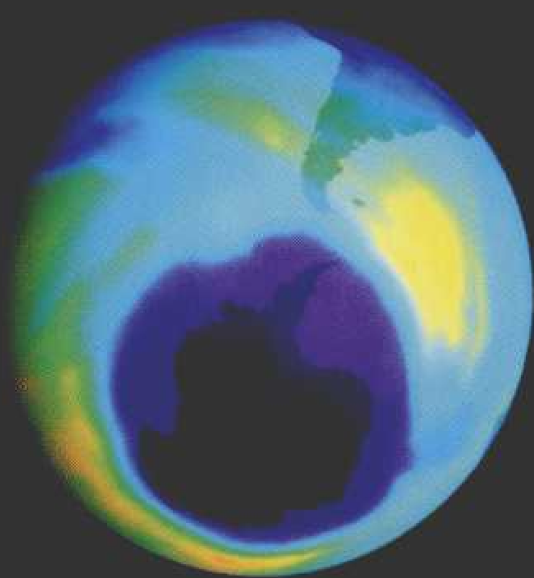


越来越脆弱

人类活动产生的物质正在破坏防止紫外线入侵的臭氧层。这种现象每年的8~10月在极地地区（主要在南极洲）都能观察到。由于臭氧层被破坏，地球正在接受更多的有害射线，这可能是一些疾病出现的原因：皮肤癌病例增加、视力受损以及免疫系统的弱化。●



2000年
28 000 000 平方千米



2001年
26 000 000平方千米



臭氧层

在15~35千米的高度，平流臭氧层围绕着地球，它对地表上的生物有着极其重要的作用。臭氧层是由氧分子吸收来自太阳的紫外光形成的。这种反应是可逆的，也就是说，臭氧可以回到其自然状态——氧分子，之后氧分子重新变成臭氧，形成了一个组成成分形成和破坏的持续过程。

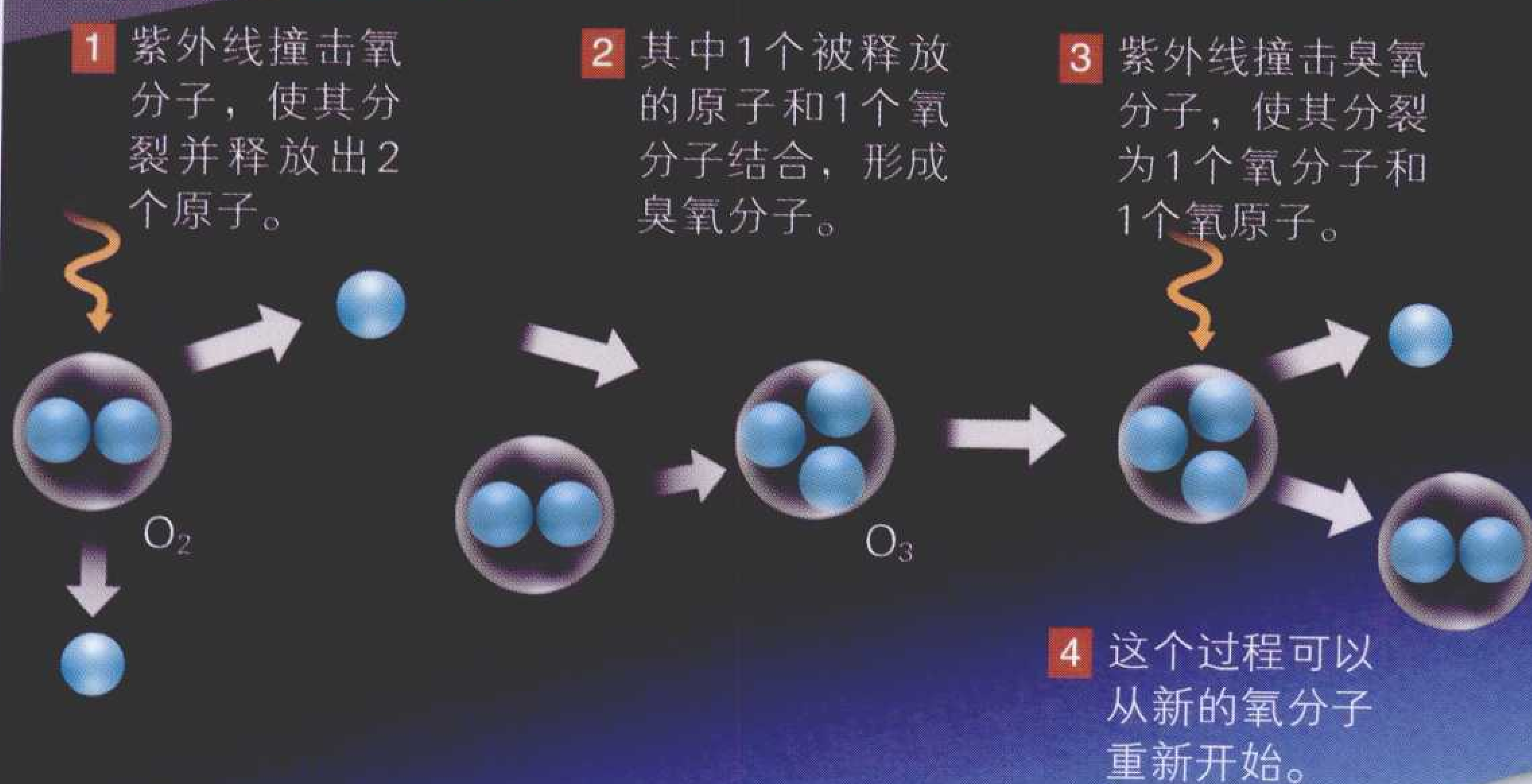
通常被称为臭氧空洞——臭氧层的减少或不正常的变薄。

臭氧是怎样形成的

1 紫外线撞击氧分子，使其分裂并释放出2个原子。

2 其中1个被释放的原子和1个氧分子结合，形成臭氧分子。

3 紫外线撞击臭氧分子，使其分裂为1个氧分子和1个氧原子。



4 这个过程可以从新的氧分子重新开始。

氯氟烃气体

是一类气体的总称，它们的应用范围很广。氯氟烃被用于制冷系统、空调设备和气雾剂中。

臭氧是怎样形成的

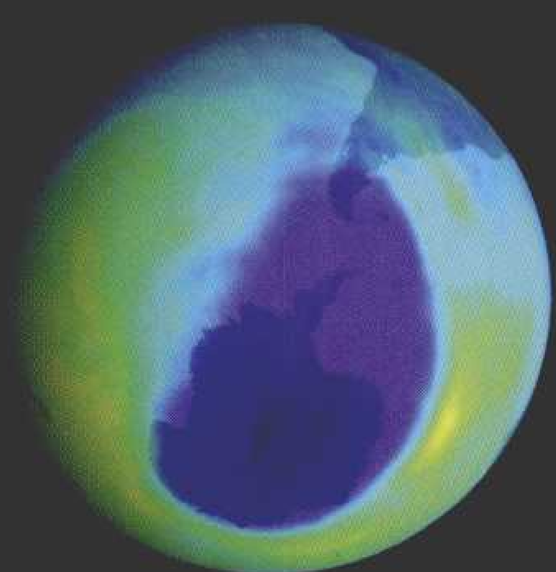
1 紫外辐射撞击氯氟烃气体分子。

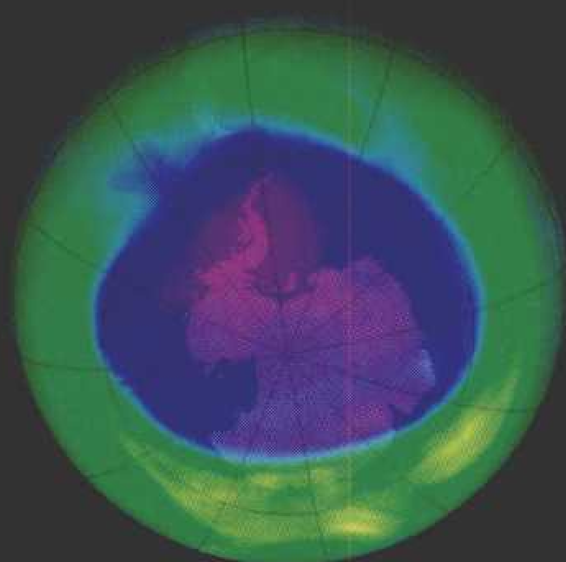
2 1个氯原子被释放出来。



时间 人物 经过

1974年，科学家已经发现工业氯氟烃(CFCs)能够对臭氧层造成影响。化学家马里奥·莫利纳和弗兰克·舍伍德·罗兰证明了工业氯氟烃是通过破坏臭氧分子削弱臭氧层的气体。


2004年
24 200 000平方千米


2005年
27 000 000平方千米

南极上空的臭氧空洞

南极洲上空的臭氧层变薄是包括含氯游离基的反应等一系列现象作用的结果，这造成了臭氧层的破坏。

28 000 000 平方千米

是2000年变薄的臭氧层所达到的面积。

紫外辐射

紫外辐射（UV）是一种来自太阳的辐射能量的形式。各种形式的辐射根据其以纳米（nm）计量的平均波长来划分，1纳米相当于百万分之一毫米。波长越短，辐射的能量越大。

紫外线-A

这些射线很容易穿过臭氧层，会造成人的皮肤皱纹和衰老。

紫外线-B

几乎所有的紫外线-B都被臭氧层吸收。它们是有害的，会引发各种皮肤癌。

紫外线-C

这是最有害的射线，但是它们全部被臭氧层的最上层过滤掉了。

臭氧层就像一个自然过滤器一样吸收紫外线。

75%

的皮肤癌由紫外线-B辐射造成。

3 氯原子和臭氧分子结合，破坏臭氧分子，形成1个新的氧化氯分子和1个氧原子。

4 氧化氯分子和1个自由氧原子结合释放出氯原子。

5 这个氯原子再次获得自由，又和另1个臭氧分子结合。

50~100年

这是氯氟烃气体在大气层里留存的时间。

对人类的影响

会造成皮肤癌、视力受损、免疫系统弱化、严重晒伤和皮肤老化。

对植物的影响

能够破坏浮游植物，抑制光合作用的过程，使植物的生长发生变化，导致作物减产。

对动物的影响

引起农场动物发生疾病，导致食物链的破坏，提高动物患皮肤癌的概率。

一切都在变化

北美洲

中美洲

南美洲

太平洋

大西洋

最主要的

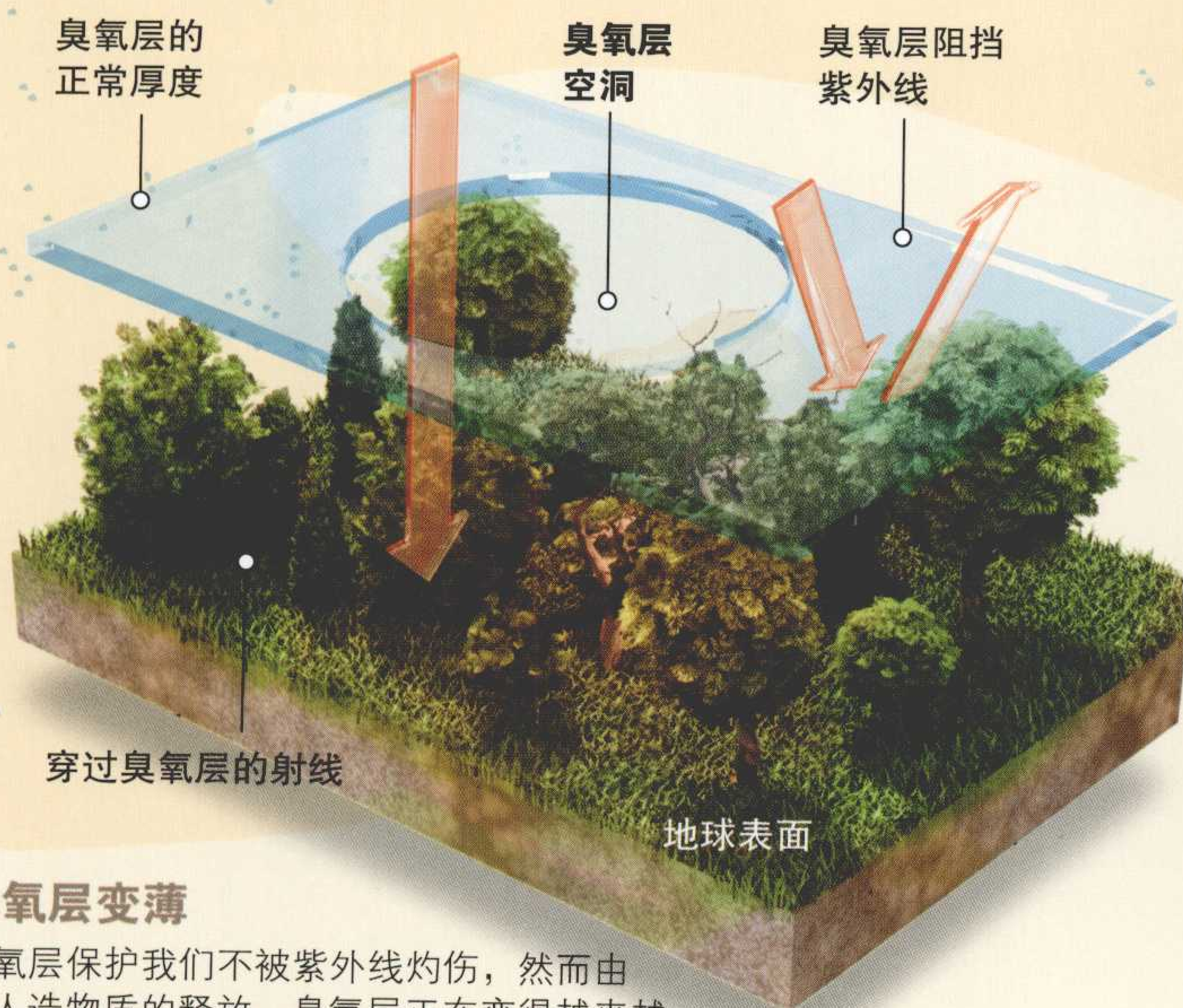
地球气候在不断发生变化。目前的全球平均气温约为15℃。地质证据以及其他类型的证据表明，地球过去的最低平均气温为7℃，最高为27℃。气候变化在很大程度上是由人类活动造成的，人类活动导致了温室气体浓度的增加。这些温室气体包括二氧化碳、甲烷和二氧化氮，它们是由于现代工业、农业，以及燃烧煤炭、石油和天然气释放出来的。温室气体在大气中的浓度正逐渐增加，自1960年以来，仅大气中的二氧化碳浓度已经增加了超过20%。研究人员指出，由此所造成的温室效应会对地球上大部分生命赖以生存的气候的稳定性产生严重影响。

全球气温升高

在过去的50年里，阿拉斯加和加拿大西部的冬季温度已经升高了3~4℃。据预测，在未来的100年内，地球平均温度将会升高1.8~4℃。

2~3℃

1~2℃



臭氧层变薄

臭氧层保护我们不被紫外线灼伤，然而由于人造物质的释放，臭氧层正在变得越来越薄。经观测，每年的8~10月以及10~5月，这种现象分别在南极和北极出现。此外，有证据表明，地表大量的紫外线正在摧毁或改变植物细胞，减少氧气的生成。

冰雪覆盖的海岸

两极消融的影响

冰雪覆盖下的海冰能够将照射其上的85%~90%的太阳光反射回去；而海水只能反射10%的太阳光。因此，当冰雪融化时，今天的很多海岸线将会被海水淹没，这会导致更多的冰雪融化。



温室作用加速

冰面反射太阳辐射，而雨林、森林以及草原的土壤吸收能量，同时将其作为显热辐射出去。这就增加了温室效应，导致全球变暖。

因果关系

化石燃料的燃烧，对落叶林和热带雨林的无度砍伐引起二氧化碳、甲烷和其他温室气体的浓度增加。温室气体聚集热量，增加了温室效应，这就是北极地区变暖的原因。冰面的密度由于表层融化而减小，淡水流进海洋，改变了海水的盐度。

100年 这是落叶林变为荒地后，重新回归自然状态所需的时间。

术 语

百帕斯卡

气压单位，等于100帕斯卡。直至最近使用百帕之前，毫巴一直是专门用来计量压力的单位。帕斯卡是“米-千克-秒”基准制中用来表示压力的单位，它相当于对1个单位的表面（1平方米）施加1个单位的力（1牛顿）时产生的压力。

冰

固态水。在大气中以冰晶、雪或冰雹的形式存在。

冰雹

以冰团或不规则冰块形式，在对流云（如积雨云）中形成的降水。典型的冰雹直径为5~50毫米，但也有可能变得大得多。最小的冰粒——直径为5毫米或更小的冰粒也被称作小雹块，或霰。云中必须有强烈上升的气流时才能形成冰雹。

层云

呈层状分布的低云，经常会带来细雨。

臭氧层

地球表面上空30~50千米的大气层，介于对流层和同温层之间，能够过滤紫外线。

传导

指在分子作用下通过物体传输热量，或者热量从一个物体传输到另一个与之接触的物体的过程。

大气圈

包裹着地球的大气层。

堤防

用于为河道蓄水或分流的设施，或阻挡海水的土木工事。

地形雨

湿润空气在越过山脊时冷却形成的降雨。

对流

指受热面将热量转移到其上方的物质（空气、水等）的过程，受热物质变得稀薄并上升，较冷的物质下沉，填补了上升物质留下的空白。由于太阳照射，地面温度上升，气流上升。

对流层

大气圈中最接近地面一层大气，其英语名称的字面意思为“变化的一层”，大多数天气变化以及气象学中最有趣的天气现象都发生在对流层。

厄尔尼诺现象

每隔几年，南美洲西海岸热带地区都会出现的海水温度异常升高的反常现象。

二氧化碳

由各种汽车的引擎排放的一种无嗅、无色的气体，燃烧煤炭或其他有机物也会排放二氧化碳。大气中二氧化碳含量过高会造成全球气候变暖。

反气旋

与周围地区相比，气压相对较高的地区。通常，反气旋上方的空气将会下沉，阻止在大气中高层形成云层，因此，反气旋一般会带来好天气。

反照率

用于测量物体表面反射的辐射百分比。

风速计

用来测量风速的仪器。

锋面

气象特征不同的两个气团之间的过渡地带或接触地带。这里的气象特征通常表现为温度差异，比如，在暖湿空气和干冷空气的辐合区出现锋面。

锋生

锋生指是新锋面形成或原有锋面加强的过程。当风力促使不同密度和温度的两个邻近气团相遇时就会产生锋生作用。如果这两个气团（或其中一个气团）越过一个能够增强气团本身属性的一个锋面，也能形成锋生作用。当向海洋移动的气团界限不稳定或不明显时，在北美东海岸或亚洲会普遍产生锋生现象。锋生与锋消是作用相反的两种现象。

辐射

指以波动现象运动为移动形式，通过某种特定媒介（或者真空）传播能量的过程。能发热发光的电磁辐射是辐射的一种，此外还有声波辐射。

干旱

一种反常的干燥气候条件。干旱时缺水状况持续发生，带来严重的水文失衡。

中云

用来形容在海拔2 000~5 000米高度的云。

海拔

相对于海平面的高度。

海震

发生在海洋底部的地震，会导致海浪汹涌，

有时会冲击沿海陆地并造成洪灾。

寒潮

一股寒冷的空气。寒潮到来时温度急剧下降，必须对农业、工业、商业或其他社会活动采取特别的保护措施。

航空例行天气报告

报告内容包括风的信息、能见度、温度、露点、气压及其他变量的数据。

荒漠化

由于降水量减少，沃土变为沙漠的过程。

极锋

中纬度地区上空几乎一直存在的广阔锋面，将极地的冷空气与亚热带的暖空气分开。

极光

在地球两极地区的大气圈高层出现的一种现象。太阳带电粒子和地球磁场相撞就会产生极光。这种现象在北半球被称为北极光，在南半球被称为南极光。

急流

对流层（海平面以上约10千米处）的气流，风速达90米/秒。这种大气运动出现在南北半球的亚热带地区，风自西向东吹，冬季时风力最强。

季风

在热带和亚热带地区造成大量降雨的季候风。

降水

从云层降落到地球表面的液态、固态、晶状或非结晶的水粒。

飓风

持续风速为64节（119千米/小时）或者更高的热带气旋，这种热带气旋在北大西洋、加勒比、墨西哥湾和太平洋东北部地区形成。在太平洋西部通常将其称之为台风，在印度洋附近称之为龙卷风。

卷云

在5 000米高空形成的细丝状云。

科里奥利力

将地球作为运动的参考坐标时，出现偏转的一种虚拟力或惯性力。它取决于该物体在运动中所在的纬度及运动速度。在北半球，大气偏向其路径的右侧；而在南半球，大气偏向其路径的左侧。这种力在两极地区最为强大，但在赤道地区不存在。

龙卷风

在对流云与地球表面强烈旋转的空气柱，它是大气圈中最具破坏力的气候现象。只要条件成熟，地球上任何地方都会出现龙卷风。龙卷风频繁席卷落基山脉和阿巴拉契亚山脉之间的美国中部地区。

陆性度

指大陆内部地区的温度变化比沿海地区温度变化更加剧烈的现象。

露水

气温下降至露点时，水汽在靠近地面的草或其他物体上凝结成的小水滴。通常在夜间发生。

氯氟烃

用于气雾剂、制冷剂和空调的一种人工化合物。这些化学制品在很大程度上会造成对臭氧层的破坏。

逆温

正常情况下，温度随高度增加而降低，而逆温现象则相反。

凝结

指水汽在冷却作用下变成液体的过程。

凝聚

指云中水滴聚集的过程，两滴水碰撞，随后结合成一个更大的水滴。这就是降水前云层中水滴体积变大的其中一个原理。

蒲福风级

是19世纪初期由英国海员弗朗西斯·蒲福制定的风力等级，用来测量和报告风速。根据不同风速形成的各种形状的水波分级，从0~12级依次递增。蒲福风级同样适用于陆地，其依据是风对树木或其他物体的影响程度。

气候

某个地区在较长时间中的气象条件的平均状态。地区气候由纬度、经度、海拔、地形及陆性度等不同气候要素决定。

气团

大范围的空气团，处于同一水平面的气团中以温度和湿度为代表的物理属性几乎没什么差别。一个气团能够覆盖几百万平方千米，厚度可达数千米。

气象学

关于大气现象的科学与研究。气象学的分支学科有：农业气象学、气候学、水文气象学、物理气象学、动力气象学和天气学。

气旋
一种低压气候系统。

气压
指大气在某一点释放的压力或重力，可以用不同的单位来表示，如：百帕斯卡、巴或毫米汞柱。

气压计
测量气压的仪器。气压降低通常表示暴风雨将至，气压上升则表示天气晴好。

侵蚀
地表被流动的水、冰河、风或浪剥落分离的过程。

轻雾
空气中悬浮的微小水滴或吸湿性潮湿粒子，会降低地面的能见度。

全球气候变暖
人类活动产生的温室气体浓度不断增加，造成大气温度上升。

热带气旋
是一种无锋气旋，产生于热带洋面之上，以逆时针方向在海面上空运动环流。根据风的强度不同，气旋分为热带扰动（轻微的地面风）、热带气旋（最大地面风速为61千米/小时）、热带风暴（最大风速介于62~112千米/小时）或者飓风（最大风速超过119千米/小时）。

热浪
一种异常炎热且令人不舒服的天气类型。热浪天气可持续数日或几个星期。

沙漠
年降水量低于25毫米的炎热或寒冷地区。

山洪爆发
巨大的洪流经过溪谷或峡谷等狭窄地带导致的突发性洪灾。

闪电
出现在云层与地面之间的大气静电释放现象。

上风向
风刮来的方向。

湿度
大气中水汽的含量。

湿度计
用来测量湿度的仪器。

霜
覆盖在温度很低的物体上的冰晶。

酸雨
空气中的水汽与通常由燃烧化石燃料生成的化学物质混合产生的一种有害降雨。

天气
指一定时间内大气的状态，它会对人类的活动带来影响。天气过程指的是大气的短期变化，与之相反，重大气候变化通常指长期变化。“天气”这个术语常用来描述云量、湿度、降水、温度、能见度和风等情况。

天气图
用来描述在特定的时间和地点的地球表面天气状况的图。

同温层
对流层上方的大气层。

湍流
由在气流中移动的多个小旋风组成的一种空气不规则运动。处于持续变化状态的空气会产生大气湍流。热流、对流、不同地形、不同风速、不同的锋面地区气象状况，或者温度和压力的变化，都是造成大气湍流的因素。

外逸层
地球大气圈最外面的一层。

微气压计
用增加刻度的方法记录气压各种变化的灵敏度较高的气压计。

纬度
多条围绕赤道以南和赤道以北的假设的平行线。南北极点的纬度为90°，赤道的纬度为0°。

温度计
用来测量温度的仪器。气象学中使用不同的计量单位来记录温度，如摄氏温标、华氏温标、开氏温标（也叫做绝对温标）。

温室效应
是指大气中存在一些成分（主要是二氧化碳、水汽和臭氧）吸收地球表面散发的部分红外线辐射，同时将辐射能量反射到地球表面的现象。这个过程会增加地表附近的平均

温度。

雾

悬浮在大气中或接近地面的、肉眼可见的小水滴，使能见度降至1千米以下。当空气温度接近露点，并且有足够的冷凝核时就会形成雾。

细雨

一种微弱的降水形式，雨点直径为0.2~0.5毫米。细雨通常自低空层云降落，伴有大雾，能见度大大降低。

悬浮颗粒

悬浮在大气层中的微小（液态或固态）颗粒，含有不同的化学成分。作为凝结核，它对云的形成具有重要的作用。悬浮颗粒能够增强对太阳辐射的反射和散射，因此对平衡地球辐射也很重要。

雪

以白色或透明冰晶形式形成的降水，通常呈复杂的六角形。一般来说，雪以雪花的形式从层状云中降落，但也会从积云中降落。

雪崩

指大量雪体从山坡崩塌下来的现象。

洋流

指由各类行星风引起的海水流动。洋流将暖海水和冷海水送到地球上很远的地方。

预报

对即将发生的事情所作的声明。天气预报的准确性来自应用根据大量大气参数得出的目标模型，以及气象学家的能力和经验。它也被称为天气预测。

云

由悬浮在空中的小颗粒——例如小水滴和冰晶——组成的肉眼可见的云团。水汽在大气中与烟、尘、灰和其他凝结核结合形成云。

阵风

指风速会在短时间内突然增加的一种风的类型，其最强风速必须达到16节（30千米/小时），风速最高点与静止状态的差别至少有10节（18千米/小时）。阵风发生的时间一般不超过20秒。

蒸发

液体（比如水）转化为气态（比如水蒸气）的物理过程，相反的过程叫做凝结。

正常值

用来计算特定年份特定地区的气象要素的公认标准值。正常值指的是在正常情况下限定值内的数据分布。各种参数包括温度（高温、低温、温度差）、压力、降水（降雨、降雪等）、风（风速、风向）、风暴、云量、相对湿度等。

中间层

位于同温层上方的大气层。

撞冻

气温低于0℃时，大气中的冰晶直接撞击小水滴，使冰晶体积增加。

索 引

A

B

C

D

E

F

G

H

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

W

X

Y

Z

［Ｇｅｎｅｒａｌ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝天气和气候
页数＝１０１
ＳＳ号＝１３２４２１８１